



TUGAS AKHIR - SB0141510

# **PREVALENSI *WHITE SYNDROME* PADA KARANG MASIF DI PERAIRAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) PAITON, PROBOLINGGO**

**AIDA EFRINI RIZNAWATI**  
**1511100013**

**Dosen Pembimbing**  
**Farid Kamal Muzaki, S.Si, M.Si.**

**JURUSAN BIOLOGI**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA 2015**



FINAL PROJECT - SB0141510

# PREVALENCE OF WHITE SYNDROME ON MASSIVE CORALS IN PAITON POWER PLANT WATERS, PROBOLINGGO

AIDA EFRINI RIZNAWATI  
1511100013

Advisor Lecturer  
Farid Kamal Muzaki, S.Si, M.Si.

BIOLOGY DEPARTMENT  
MATHEMATIC AND NATURAL SCIENCE FACULTY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2015

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **TUGAS AKHIR**

# **PREVALENSI WHITE SYNDROME PADA KARANG MASIF DI PERAIRAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) PAITON, PROBOLINGGO**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains  
pada

Jurusan S-1 Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**AIDA EFRINI RIZNAWATI**  
**NRP. 1511 100 013**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Farid Kamal Muzaki, S.Si., M.Si.

(Pembimbing 1)

Surabaya, 5 Agustus 2015

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Biologi



Dr. rer. nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si  
NIP. 19690907 199803 2 001

PREVALENSI *WHITE SYNDROME* PADA KARANG MASIF  
DI PERAIRAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP  
(PLTU) PAITON, PROBOLINGGO

**Nama Mahasiswa** : Aida Efrini Riznawati  
**NRP** : 1511 100 013  
**Jurusan** : Biologi  
**Dosen Pembimbing** : Farid Kamal M., S.Si., M.Si.

**Abstrak**

*Air bahang yang bersuhu tinggi yang dilepas ke perairan dapat mempengaruhi biota akuatik di perairan sekitar. Karang merupakan salah satu biota yang distribusi dan kehidupannya dipengaruhi oleh suhu. Peningkatan suhu dapat menginduksi penyebaran dan laju transmisi penyakit karang. Salah satu penyakit yang menyerang karang adalah White Syndrome (WS) yang merupakan istilah untuk keadaan dimana muncul tanda putih dan diikuti dengan hilangnya jaringan pada karang. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur prevalensi penyakit White Syndrome pada karang masif di perairan sekitar PLTU Paiton.*

*Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei di 3 lokasi pengamatan yaitu Water Discharge Barat (DB), Water Discharge Timur (DT) dan Water Intake (WI). Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi parameter lingkungan, persentase karang hidup dan prevalensi penyakit. Persentase penutupan karang di lokasi WI sebesar 85.75%, lokasi DB sebesar 60.75% dan DT sebesar 40.8%. Terdapat 3 jenis penyakit WS yang ditemukan yaitu Ulcerative White Spot, White Syndrome, dan White Plague. Lokasi DB memiliki nilai prevalensi yang paling tinggi dibanding lokasi-lokasi lain yaitu dengan rata-rata  $40.49 \pm 2.12$  % diikuti dengan DT sebesar  $13.53 \pm 11.5$ % dan WI sebesar  $6.44 \pm 3.6$ %. Dari penelitian dapat diasumsikan bahwa*

*prevalensi WS mungkin memiliki korelasi dengan suhu, dimana rata-rata suhu tertinggi terdapat di lokasi DB.*

*Kata kunci: karang masif, penyakit karang, prevalensi, White Syndrome*

PREVALENCE OF WHITE SYNDROME ON MASSIVE  
CORAL IN PAITON POWER PLANT WATERS,  
PROBOLINGGO

**Student Name** : Aida Efrini Riznawati  
**NRP** : 1511 100 013  
**Department** : Biology  
**Advisor Lecture** : Farid Kamal M., S.Si., M.Si.

**Abstract**

As a stenothermal organism, coral may be possibly affected by high-temperature cooling water discharged by a power plant into surrounding waters; which may lead to a rapid spread and transmission of coral disease, including White Syndrome. White Syndrome (WS) is characterized by appearance of white marks on coral colony followed by loss of tissues. This study aimed to measure the prevalence of WS on massive corals in Paiton Power Plant waters.

The research was conducted during May 2015 at three observation stations; west and east side of water discharge canal (DB and DT) and water intake canal (WI). Observed parameters including ambient environmental variables (sea surface and bottom temperature, salinity, dissolved oxygen/DO, pH, and visibility); the cover of live corals (percent and genera composition) and prevalence of coral disease at 5 m depth. One-way ANOVA (analysis of variance,  $p=0.05$ ) was performed to test the difference of coral disease prevalence from different observation stations.

As the results, Coral coverage percentage in WI (85.75%), DB (60.75%), and DT (40.8%). Prevalence of WS in DB was highest ( $40.49 \pm 2.12\%$  in DB,  $13.53 \pm 11.5\%$  in DT and  $6.44 \pm 3.6\%$ , respectively). It can be assumed that prevalence of White Syndrome in those locations may be correlated to temperature which highest average temperature occurred in DB stations

Keywords: coral disease, massive coral, prevalence,  
White Syndrome

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **Prevalensi White Syndrome pada Karang Masif di Perairan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton, Probolinggo** ini dengan baik. Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, saran, dukungan, do'a dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibunda Eny Farida dan Adik Aulia atas kasih sayang, dukungan, do'a, dan semangatnya
2. Bapak Farid Kamal Muzaki S.Si.,M.Si. sebagai dosen pembimbing atas ilmu, bimbingan, saran, dan dukungannya
3. Ibu Dra. Dian Saptarini, M.Sc atas saran dan bantuannya
4. Ibu Indah Trisnawati D.T., M.Si., Ph.D dan Bapak Dr.Nurul Jadid, M.Sc. sebagai dosen penguji atas saran dan bimbingannya.
5. Ibu Dini Ermavitalini, S.Si., M.Si. selaku dosen wali atas motivasi dan bimbingannya selama 4 t ahun penulis menuntut ilmu di Jurusan Biologi ITS
6. Teman-teman Tim Paiton M. Ali Sofani, Cholis Muchlisin, Zulfrizal Amhri Indra, Boing Indraswari, dan Mizzannul Halim atas motivasi, bantuan, semangat, serta do'anya
7. Bapak Buharianto Harno dan Mas Ahmad Yanuar, S.Si atas bantuannya selama proses penelitian
8. Teman-teman angkatan 2011 B iologi ITS "*Scylla serrata*" dan anggota Laboratorium Ekologi yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas motivasi, do'a, dan semangatnya

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan



saran untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 5 Agustus 2015

Aida Efrini Riznawati

## DAFTAR ISI

### Halaman

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Biologi Karang .....	5
2.2 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Karang .....	7
2.2.1 Salinitas .....	7
2.2.2 Cahaya .....	8
2.2.3 Suhu .....	8
2.2.4 Kejernihan air .....	9
2.2.5 Arus .....	10
2.2.6 Substrat .....	10
2.3 Karang Masif .....	10
2.4 Penyakit Karang .....	12
2.5 Faktor Abiotik Penyebab Penyebaran Penyakit Karang.....	13
2.6 Sindrom Putih ( <i>White Syndrome</i> ).....	16
2.7 Air Bahang .....	19
2.8 Tinjauan Mengenai Perairan PLTU Paiton .....	20

BAB III METODOLOGI	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
3.2 Prosedur Kerja .....	24
3.2.1 Studi Pendahuluan .....	24
3.2.2 Pengambilan data parameter lingkungan.....	24
3.2.3 Pengambilan data penutupan karang hidup .....	25
3.2.4 Pengambilan data penyakit karang .....	26
3.3 Rancangan Penelitian dan Analisa Data .....	27
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1 Gambaran Lokasi Penelitian .....	29
4.1.1 Variabel fisik dan kimia perairan .....	29
4.1.2 Penutupan karang dan komposisi karang masif .....	31
4.2 Prevalensi dan Tingkat Infeksi Penyakit Karang .....	37
4.3 Jenis Penyakit White Syndrome yang Menyerang Karang.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA .....	51
LAMPIRAN.....	61

## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 3.1	Koordinat Titik Pengamatan .....	23
Tabel 3.2	Karakteristik Penyakit .....	26
Tabel 3.3	Tabel Pengamatan Penyakit Karang .....	28
Tabel 4.1	Variabel Lingkungan Beserta Baku Mutu untuk Biota Laut .....	29
Tabel 4.2	Penutupan Karang Hidup .....	32
Tabel 4.3	Tabel Prevalensi <i>White Syndrome</i> .....	38
Tabel 4.4	Rekapitulasi Genera Karang dan Jenis Penyakit .....	48



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1:      Tabel Penutupan Karang .....	61
Lampiran 2:      Tabel Komposisi Karang Masif ....	64
Lampiran 3:      Tabel Perbandingan Koloni Sehat dan Terifeksi.....	65
Lampiran 4:      Tabel Jenis Penyakit di Lokasi Penelitian .....	66
Lampiran 5:      Tabel Prevalensi Penyakit White Syndrome di Lokasi Penelitian ....	67
Lampiran 6:      Hasil Uji ANOVA Prevalensi Penyakit White Syndrome .....	69
Lampiran 7:      Dokumentasi Penelitian .....	73

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan pusat pembangkit listrik yang menggunakan tenaga uap sebagai penggerak utama turbin guna menghasilkan tenaga listrik. Sistem ini bekerja dengan menggunakan air sebagai cairan kerja. Air diubah menjadi uap di ketel uap (*boiler*). Keluar dari turbin, uap dimasukkan ke mesin pengembun (kondensor) dengan pendingin berasal dari air, baik air tawar maupun air laut. Tugas utama pendingin hanya mengambil kalor dari kondensor sehingga air pendingin tadi mengalami kenaikan suhu (Hutomo *et al.*, 1992). Sistem yang sama diterapkan di PLTU Paiton dengan air pendingin yang dilepaskan ke perairan bersuhu relatif tinggi berkisar 35,5°C dan bervolume 30-40 m<sup>3</sup>/detik dan lambat laun akan mempengaruhi lingkungan akuatik di sekitar PLTU Paiton (Effendi *et al.*, 2013).

Salah satu kelompok biota akuatik yang keberadaannya dipengaruhi oleh suhu adalah hewan karang. Karang merupakan hewan yang digolongkan pada kelas Anthozoa. Hewan memiliki struktur yang sederhana dimana tubuhnya merupakan polip yang berbentuk menyerupai kantung dan pada umumnya tumbuh secara bersamaan dan membentuk koloni (Hopley, 2011). Menurut Aronson *et al.* (2007), suhu dianggap sebagai pengendali utama distribusi karang dengan temperatur optimum untuk pertumbuhannya berkisar antara 26° – 27°C. Fluktuasi yang terjadi pada variabel lingkungan diprediksi dapat mempengaruhi laju pertumbuhan, bentuk hidup dan kemampuan reproduksi karang. Peristiwa ini akan memberikan dampak langsung pada kelimpahan, komposisi dan keragaman komunitas karang (Bauman *et al.*, 2013).

Mengacu pada laporan tahunan pemantauan kondisi terumbu dan ikan karang di perairan sekitar PLTU Paiton pada tahun 2011-2014, bentuk pertumbuhan (*growth form*) karang dominan di perairan sekitar PLTU Paiton adalah karang masif terutama

dari Famili Poritidae dan Faviidae (PT. PJB UP Paiton 1&2, 2014). Pemantauan karang di Perairan PLTU Paiton pada tahun 2010-2012 oleh Muzaki & Saptarini (2010) menunjukkan bahwa penutupan presentase karang hidup di sekitar kanal *water discharge* dan kanal *water intake* adalah lebih dari 66% atau berada dalam kondisi yang bagus dan selalu terjadi peningkatan nilai presentase tutupan karang hidup pada setiap tahunnya, meskipun area kanal *water discharge* memiliki rata-rata suhu permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi sekitarnya. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut dapat diasumsikan bahwa air bahang yang bersuhu tinggi dari kanal *water discharge* PLTU Paiton tampaknya tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase tutupan karang hidup.

Akan tetapi, sejauh ini belum diketahui apakah air bahang bersuhu tinggi tersebut berpengaruh terhadap kesehatan karang. Peningkatan suhu diketahui juga dapat menginduksi penyebaran penyakit karang dengan meningkatkan laju transmisi penyakit karang dan juga laju pertumbuhan patogen. Penyakit karang merupakan penyebab utama terjadinya kematian karang dan menurunkan pertumbuhan dan rekrutmen karang (Muller *et al.* 2012) dimana kebanyakan patogen tumbuh optimal pada suhu 27° hingga 35°C (Sokolow, 2009).

Salah satu jenis penyakit yang menyerang karang adalah *White Syndrome* (WS). WS pada umumnya terjadi di wilayah dengan temperatur tinggi dan penutupan karang yang juga tinggi (Sokolow, 2009). Willis dalam Harvell *et al.* (2007), mendefinisikan *White Syndrome* sebagai suatu sebutan bersama untuk keadaan dimana muncul tanda putih dan diikuti dengan hilangnya jaringan pada karang di wilayah Indo-Pasifik. Keadaan yang dimaksud ini meliputi *white band*, *white plague*, *white pox*, nekrosis sebagian dan *shut-down reaction* (Dalton *et al.*, 2010). Salah satu WS seperti *White plague* dilaporkan sering kali menyerang karang masif (Ainsworth *et al.*, 2007). Tidak menutup kemungkinan jika struktur karang masif juga dapat terserang



penyakit *Black Band Disease* (BBD) dan *Yellow Band Disease* (YBD) (Raymundo *et al.*, 2008). Weil *et al.* (2012) juga menyebutkan bahwa penyakit seperti *Growth Anomalies* (GA) dan *Pigmentation Response* (PR) sering ditemukan pada karang di perairan Indo-Pasifik. Struktur karang berbentuk masif mendapat dampak yang lebih besar dari penyakit karena laju pertumbuhannya yang lambat (sekitar 1 cm/tahun) (Haapkyla *et al.*, 2009). Karang masif memiliki waktu hidup yang lebih lama dan lebih tahan terhadap gangguan alam seperti gelombang yang umum terjadi di karang (Nugues *et al.*, 2003) sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi pengaruh dari pencemaran air panas PLTU.

Berdasarkan pemikiran-pemikiran tersebut diatas, perlu dilakukan suatu studi untuk mengetahui apakah air bahang bersuhu tinggi dari PLTU Paiton memberikan pengaruh negatif terhadap komunitas terumbu karang di perairan sekitarnya. Pengaruh yang dimaksud adalah prevalensi penyakit, salah satunya adalah *White Syndrome* (WS) pada koloni-koloni karang masif penyusun komunitas terumbu karang di lokasi studi.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas maka permasalahan yang akan diteliti pada penelitian ini adalah bagaimana prevalensi penyakit *White Syndrome* pada karang masif di perairan sekitar PLTU Paiton?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Penyakit karang yang diamati adalah *White Syndrome* yang menyerang karang yang memiliki bentuk hidup masif dari Famili Poritidae dan Faviidae.
2. Pengukuran prevalensi dilakukan dengan menghitung jumlah koloni yang terinfeksi penyakit dalam suatu total jumlah koloni tersebut pada satu transek pengamatan

3. Variabel fisik dan kimia lingkungan yang diukur adalah suhu, kecerahan, pH, dan salinitas.
4. Variabel biotik yang diukur adalah persentase tutupan karang pada transek yang ditentukan.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur prevalensi *White Syndrome* pada karang masif di perairan sekitar PLTU Paiton.

#### **1.5 Manfaat**

Hasil penelitian yang diperoleh diharapkan dapat memberikan informasi mengenai penyakit karang yang menyerang komunitas karang di perairan PLTU Paiton sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu pertimbangan dalam pengelolaan maupun pemanfaatan ekosistem terumbu karang

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

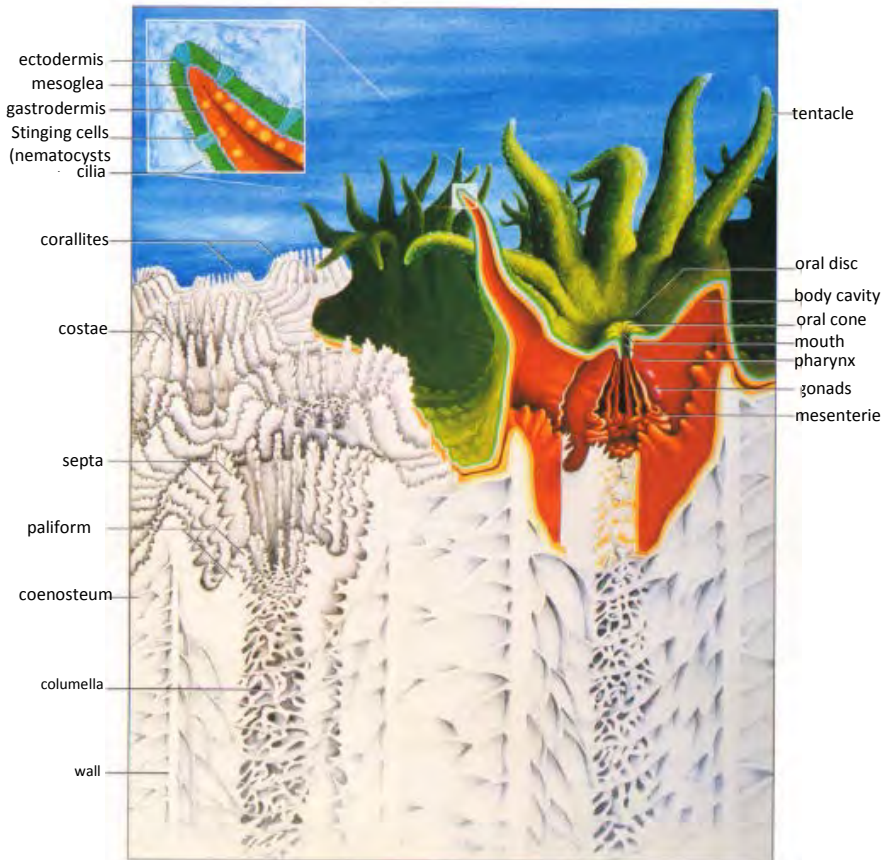
#### **2.1 Biologi Karang**

Scleractinia merupakan satu dari sekitar 25 ordo hewan yang tergolong dalam Filum Cnidaria. Filum ini terdiri atas karang, karang lunak, hydroid, ubur-ubur dan anemone laut yang keseluruhannya memiliki bentuk tubuh yang secara umum hampir sama. Berbentuk radial simetri dan memiliki rongga tubuh menyerupai kantong (Veron, 2000). Karang merupakan binatang yang sederhana berbentuk tabung dengan mulut berada di atas yang juga berfungsi sebagai anus. Mulut dikelilingi oleh tentakel yang berfungsi sebagai penangkap makanan. Mulut dilanjutkan dengan tenggorokan yang pendek yang langsung menghubungkan dengan rongga perut. Di dalam rongga perut terdapat semacam usus yang disebut dengan mesenterii filamen yang berfungsi sebagai alat pencernaan (Suharsono, 2004).

Dinding tubuh terdiri atas 2 lapis sel yaitu ektoderm dan gastroderm dimana diantara keduanya terdapat lapisan yang menyerupai jeli yang disebut dengan mesoglea. Karang pada dasarnya merupakan hewan yang menyerupai anemone namun mensekresikan skeleton. Beberapa karang bersifat soliter dan terlihat seperti anemone sederhana ketika tentakelnya tampak. Namun, hampir seluruh terumbu karang membentuk koloni (Veron, 2000)

Polip menempati suatu skeleton berbentuk mangkuk dari kalsium karbonat yang dibuat sendiri. Kerangka dari satu individu polip disebut dengan koralit yang membentuk tabung yang terdiri atas lempeng vertikal yang menyebar dari tengah/pusat yang disebut dengan *septo-costae*. Tabung tersebut merupakan dinding koralit. Tabung-tabung tersebut kemudian bergabung bersama dengan lempeng horizontal dan struktur lain sehingga disebut dengan konesteum (*coenosteum*). Dalam beberapa tahun serangkaian polip akan membentuk lapisan baru kalsium karbonat dan membentuk skeleton. Skeleton akan membentuk sebagian

besar koloni. Jaringan hidup yang sebenarnya adalah lapisan tipis di permukaan sedangkan kerangka yang mengandung kalsium karbonat yang tumbuh keatas dan keluar karang dan membentuk kerangka terumbu (Castro *et al.*, 2003).



Gambar 2.1 Struktur Kerangka Kapur dan Bagian Lunak dari Polip Karang (Veron, 2000).

Colenterata merupakan organisme paling sederhana yang memiliki sistem saraf, otot dan reproduksi tersendiri yang

berkembang dengan baik. Jaringan saraf sederhana yang terdapat pada sel ektoderm dan gastroderm menyebar pada dinding tubuh. Memiliki hubungan dengan berbagai sel khusus yang bertanggungjawab untuk merasakan rangsangan mekanis maupun kimiawi seperti cahaya. Sistem otot terdiri atas sel khusus yang memungkinkan polip untuk mengulur dan menarik diri sebagai respon terhadap rangsang dari jaringan saraf. Sinyal ini ditransmisikan dari polip satu ke polip lain seperti yang terlihat pada penarikan polip secara progresif ketika ada bagian dari koloni yang terganggu secara mekanis (Veron, 2000).

Organ reproduksi berkembang dari mesoglea di mesenterium. Hal ini terjadi dalam suatu siklus tahunan. Beberapa karang seperti *Fungia* dan *Porites* memiliki kelamin jantan dan betina yang berbeda, namun sebagian besar adalah hermaphrodit. Pada kasus yang lain, gonad tersusun di sekitar dasar faring membentuk radial simetri. Beberapa karang yang hermaphrodit memiliki gonad jantan dan betina pada mesenterium yang berbeda dan pada karang lainnya baik testis maupun ovarium tumbuh secara bersamaan (Veron, 2000).

Gastrodermis merupakan kesatuan dari sel-sel khusus yang berfungsi dalam proses pencernaan, bagian yang terjadi dalam rongga tubuh dan di dalam sel pencernaan itu sendiri. Nutrien berpindah diantara polip sehingga polip yang bertetangga memiliki laju pertumbuhan yang sama dan tidak berkompetisi untuk memperoleh ruang. Gastrodermis juga mengandung zooxanthellae, alga simbiosis bersel satu yang sangat diperlukan untuk tumbuh dan bertahan hidup bagi karang berzooxanthella (Veron, 2000).

## **2.2 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Karang**

### **2.2.1 Salinitas**

Karang dapat tumbuh dengan cepat pada salinitas 33 hingga 35‰, salinitas yang umum di perairan lepas pantai. Pada salinitas yang lebih rendah, seperti disekitar estuaria sungai, terumbu karang tidak akan berkembang meskipun jumlah sedimen rendah

dan penetrasi cahaya sangat baik (Kaiser *et al.*, 2011). Aronson (2007) menyebutkan bahwa berdasarkan penelitian yang dilakukan di Flower Garden Banks, Teluk Meksiko bahwa rendahnya salinitas dapat mengurangi laju fertilisasi dari gamet karang tetapi sedikit sekali membahayakan pada fase planula. Pada beberapa kasus, paparan dari salinitas yang rendah dapat meningkatkan sensitivitas karang terhadap suhu air laut yang tinggi dan membuat karang lebih rentan terhadap *bleaching*.

### **2.2.2 Cahaya**

Karang dapat tumbuh pada perairan yang dangkal dimana cahaya masih dapat masuk karena zooxanthellae yang terdapat pada karang membutuhkan keberadaan cahaya. Alga berkapur juga membutuhkan cahaya matahari. Beberapa jenis karang dan alga memiliki batas kedalaman yang berbeda, tetapi terumbu jarang sekali berkembang pada perairan yang kedalamannya lebih dari 50 m (Castro *et al.*, 2003). Adanya perbedaan dasar dari kebutuhan akan cahaya matahari maka secara ekologi karang dapat dibedakan menjadi dua kelompok. Kelompok tersebut adalah karang ahermatipik dan hermatipik. Karang ahermatipik merupakan kelompok karang yang tidak membentuk terumbu. Sedangkan karang hermatipik adalah karang pembentuk terumbu dimana karang kelompok ini dapat mendeposit kapur lebih cepat dari karang ahermatipik (Suharsono, 2004).

### **2.2.3 Suhu**

Suhu diketahui sebagai faktor yang menentukan kesesuaian habitat. Suhu optimum dalam pembentukan terumbu karang adalah 25-29°C. Di antara keseluruhan pengaruhnya terhadap fisiologi karang, suhu mempengaruhi kalsifikasi karena suhu optimum yang diperlukan pada proses ini berkisar antara 25-27°C. Aliran  $\text{Ca}^{2+}$  maksimum pada suhu 26°C dan kemudian menurun hingga nol pada suhu 32°C. Selain aliran  $\text{Ca}^{2+}$ , sasaran yang lain adalah aktivitas enzim, sintesis protein, daya larut  $\text{CO}_2$  dan hubungan simbiotik (Dubinsky *et al.*, 2011). Suhu juga dapat mempengaruhi mikrostruktur rangka seperti yang disebutkan oleh Howe dan Marshall dalam Dubinsky *et al.* (2011) pada karang

yang berasal dari lokasi yang memiliki musim dingin dimana terjadi perubahan pola pengendapan kristal dari bentuk bola pada suhu normal menjadi bentuk jarum tipis pada suhu yang lebih tinggi.

Salah satu tanda yang muncul ketika tercekam panas adalah terjadinya *bleaching* dimana karang akan mengeluarkan zooxanthellae-nya. Rentang suhu dari tiap-tiap karang berbeda dari tempat satu dengan tempat yang lain karena karang dari lokasi tertentu beradaptasi dengan suhu normal di lokasi tersebut. Contohnya karang dari lokasi yang bersuhu panas dapat mentolerir suhu yang lebih tinggi. Karang dapat bertahan ketika terpapar oleh suhu di luar rentang suhu normalnya. Terkadang hal ini dapat terjadi pada saat surut terendah dimana paparan sinar matahari dapat meningkatkan suhu perairan hingga pada tingkat yang fatal bagi kehidupan karang dan tidak hanya itu pengeluaran air hangat dari suatu pembangkit energi juga dapat membunuh karang (Castro *et al.*, 2003).

#### **2.2.4 Kejernihan air**

Kejernihan air merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan karang dan juga dapat mempengaruhi reproduksi dan penempelan larva karang (Birkeland, 1997). Karang lebih cenderung tumbuh dengan baik pada perairan yang jernih karena air yang keruh oleh sedimen atau plankton dapat menghalangi penetrasi cahaya ke dalam kolom air dengan baik (Castro *et al.*, 2003). Ketika perairan tidak jernih, keanekaragaman karang akan menurun dengan tajam pada kedalaman sekitar 50 m (Hopley, 2011). Untuk kehidupannya, terumbu karang membutuhkan air laut yang bersih dari kotoran-kotoran karena benda-benda yang terdapat dalam air dapat menghalangi masuknya cahaya matahari yang diperlukan *Zooxanthellae*. Endapan lumpur atau pasir yang terkandung dalam air maupun yang terdapat di atas karang mempunyai pengaruh negatif terhadap karang serta dapat mengakibatkan kematian hewan karang. Kebanyakan karang hermatipik tidak dapat bertahan dengan adanya endapan berat yang menutupi dan menyumbat struktur saluran makanannya.

Akibat pengaruh negatif tersebut perkembangan terumbu karang menjadi lambat atau berkurang bahkan menghilang dari daerah-daerah yang pengendapannya besar. Jika endapan ini diangkut oleh sungai-sungai atau aliran air maka gabungan dari berkurangnya salinitas dan endapan yang berlebihan menyebabkan terumbu karang menjadi tidak tumbuh (Nybakken, 1997).

#### **2.2.5 Arus**

Pergerakan air atau arus serta gelombang besar diperlukan untuk tersedianya suplai makanan jasad renik dan oksigen maupun terhindarnya karang dari timbunan endapan (Nybakken, 1997). Keberadaan arus juga mempengaruhi rangka karang dimana arus tersebut akan menghasilkan struktur kerangka yang padat. Karang yang terdapat pada lingkungan dengan energi yang tinggi akan tumbuh menjadi karang yang padat, dimana lingkungan yang terlindungi memiliki rangka yang ringan dan rapuh (Hopley, 2011).

#### **2.2.6 Substrat**

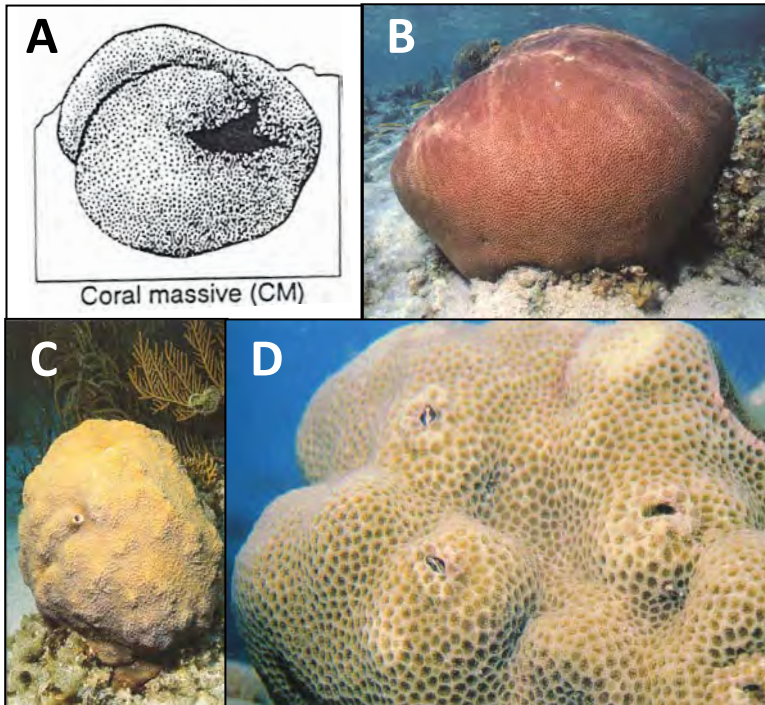
Substrat sangat penting sebagai tempat menempelnya larva. Larva tidak akan menempel pada pasir atau pada substrat yang terlapisi oleh mukus dari bakteri yang umumnya terdapat pada karang yang telah rusak (Hopley, 2011). Substrat yang keras dan bersih dari lumpur diperlukan untuk perlekatan (*settling*) planula yang akan membentuk koloni baru. Substrat keras dapat berupa benda padat yang ada di dasar laut misalnya batu, cangkang-cangkang moluska, potongan kayu besi yang terbenam bahkan kapal tenggelam (Nontji, 1999).

### **2.3 Karang Masif**

Karang masif memiliki bentuk seperti batu padat atau gundukan. Contoh karang yang memiliki bentuk hidup (*life form*) masif adalah *Platygyra daedalea* (English *et al.*, 1994). Koloni karang masif ditemukan pada daerah dengan aktivitas gelombang yang cukup tinggi sehingga cenderung memiliki struktur yang



padat dengan bentuk koloni yang sama dari berbagai arah (Gulko, 1999).



Gambar 2.2 Bentuk Hidup Karang Masif.

Keterangan gambar : (A: karang masif (English *et al.*, 1994); B: *Siderastrea siderea*; C: *Montastrea annularis*; D: *Porites lutea* (Veron, 2000)).

Karang masif memiliki kecenderungan untuk tetap berada di titik tempat koloninya menempel sehingga tidak akan mungkin mengubah lokasi untuk menghindari cekaman lingkungan, predasi atau luka. Karang masif yang memiliki laju pertumbuhan yang lambat cenderung memiliki struktur yang berkembang dengan baik sehingga dapat mempertahankan tempat hidupnya (*location of attachment*). Karang ini mengandalkan mesenterial

filament atau tentakel penyapu (memiliki struktur dengan sel *nematocyst* khusus yang dapat menyengat, membunuh dan mulai mencerna jaringan hidup) untuk mencari dan menghancurkan koloni tetangga yang menyerbu ruang mereka. Mekanisme pertahanan menggunakan pencernaan sehingga disebut karang “*digestively dominant*”. Namun karang masif memiliki kemampuan regenerasi yang paling lambat jika dibandingkan dengan tipe karang bercabang dan submasif (Seebauer, 2001).

Karang masif memiliki waktu hidup yang lama dan lebih tahan terhadap dampak dari gangguan alam seperti badai yang umum ditemukan di wilayah terumbu (Nugues *et al.*, 2003). Pätzold *dalam* Haapkylä *et al.* (2009), menyatakan bahwa penyakit karang berpotensi memberikan dampak yang lebih besar pada Porites berbentuk masif dan struktur struktur karang karena memiliki laju pertumbuhan yang sangat lambat (sekitar 1 cm/tahun). Nugues *et al.* (2002) menyebutkan dari hasil penelitiannya bahwa kematian parsial yang terjadi pada karang masif dari genus *Sidereastrea* dan *Montastrea* dapat digunakan sebagai indikator yang efektif untuk mendeteksi cekaman sedimentasi pada terumbu karang karena jenis ini memiliki kemampuan untuk menolak sedimen yang berukuran kecil.

## 2.4 Penyakit Karang

Penyakit didefinisikan sebagai segala bentuk kerusakan pada sel atau jaringan dari suatu organisme yang mengakibatkan terjadinya disfungsi. Terjadinya disfungsi tersebut melibatkan interaksi antara inang, agen, lingkungan dan genetik. Definisi ini mencakup baik penyakit menular (*infectious*) maupun penyakit tidak menular (*non-infectious*). Istilah sindrom juga sinonim dengan penyakit. Penyakit menular diakibatkan oleh patogen sedangkan penyakit tidak menular disebabkan oleh mutasi genetik, malnutrisi, dan/atau faktor lingkungan (Weil dan Rogers *dalam* Dubinsky *et al.*, 2011). Penyakit karang dicirikan dengan pewarnaan seperti pemutihan jaringan, munculnya bercak atau

hilangnya jaringan dan nekrosis sel secara besar-besaran (Sheridan *et al.*, 2013).

Inang merupakan organisme yang dipengaruhi oleh penyakit contohnya seperti karang *hexacoral* atau *octocoral*. Agen penyakit merupakan faktor yang secara langsung maupun tidak langsung dapat menyebabkan penyakit. Agen yang menular mampu menyebabkan infeksi dan dapat menular antar inang. Lingkungan merupakan faktor ketiga yang merupakan tahap dimana interaksi antara inang dan agen terjadi (Weil dan Rogers *dalam* Dubinsky *et al.*, 2011). Penyebab munculnya penyakit karang dapat disebabkan oleh patogen, cekaman lingkungan, atau gabungan dari faktor biotik dan abiotik. Penyakit biotik disebabkan oleh mikroorganisme patogenik seperti virus, bakteri, fungi, dan protista dan pada umumnya spesifik pada suatu spesies dan menular. Penyakit abiotik terjadi sebagai akibat stress lingkungan alami maupun karena perbuatan manusia termasuk perubahan pada kondisi ambien atau paparan polutan (Sutherland *et al.*, 2004).

Penyakit biotik maupun abiotik sering kali saling berhubungan. Penyakit biotik berhubungan dengan cekaman lingkungan yang:

1. menghambat perlawanan organisme inang
2. meningkatkan pertumbuhan dan virulensi penyakit
3. memicu proses patogenik
4. meningkatkan laju transmisi penyakit

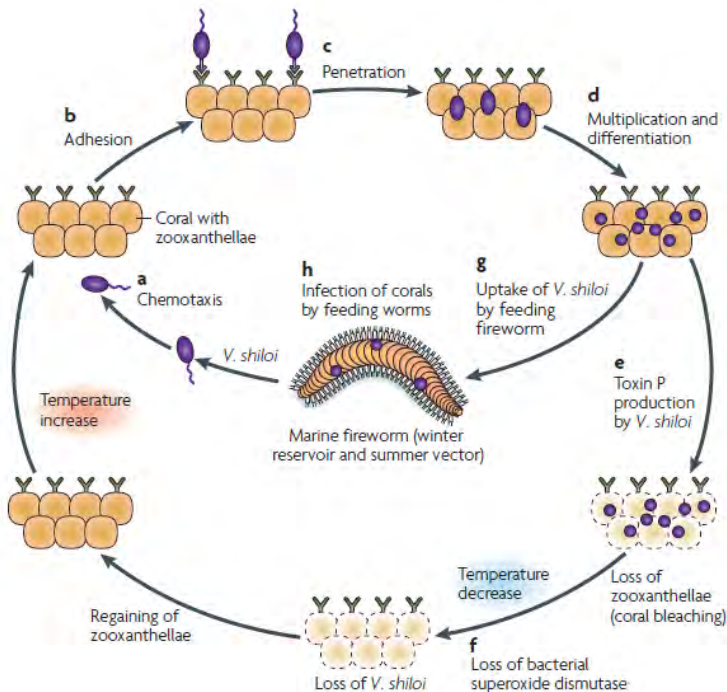
## **2.5 Faktor Abiotik Penyebab Penyebaran Penyakit Karang**

### **a. Perubahan Iklim**

Perubahan iklim dapat mempengaruhi interaksi yang terjadi antara inang dan patogen dan perubahan ini dapat memberikan dampak yang meluas pada penyebaran penyakit. Perubahan iklim akan mempengaruhi kondisi fisik, kimia dan biologi lautan. Peningkatan konsentrasi karbon dioksida akan meningkatkan suhu lautan dan atmosfer secara global. Suhu yang menghangat

mempengaruhi ketahanan, pertumbuhan, reproduksi, kesehatan dan fenologi organisme laut. Lamanya cekaman suhu berpengaruh terhadap pemutihan karang secara masal dan penyebaran penyakit (Burge *et al.*, 2014).

Meningkatnya suhu selama perubahan iklim akan meningkatkan virulensi suatu penyakit dan juga meningkatkan kerentanan karang pada penyakit dengan menurunkan imunitas/ketahanan organisme. Suhu yang menghangat juga memungkinkan beberapa penyakit untuk memperluas daerah penyebarannya karena suhu yang lebih dingin akan membatasi pertumbuhan populasinya (Raymundo, 2010; Heron *et al.*, 2012).



Gambar 2.3 Infeksi pada Karang *Oculina patagonica* oleh *Vibrio shiloi* (Rosenberg *et al.*, 2007)

Mekanisme bagaimana suhu dapat memicu infeksi penyakit sehingga terjadi pemutihan telah diketahui dengan baik pada karang *Oculina patagonica* yang terinfeksi oleh bakteri *Vibrio shiloi* (Gambar 2.3). Pada suhu yang hangat, *V. shiloi* yang motil akan tertarik pada senyawa kimia yang terdapat pada mucus karang. Bakteri tersebut melekat pada karang dengan adanya receptor yang mengandung  $\beta$ -galaktosidase yang dihasilkan oleh zooxanthellae sedangkan *V. shiloi* akan menghasilkan adhesin di permukaan sel yang dibutuhkan untuk pelekatan bakteri pada permukaan karang. Bakteri kemudian terpenetrasi ke dalam lapisan epidermal karang. Setelah memperbanyak diri intraseluler, kepadatan bakteri mencapai  $10^9$  sel/cm<sup>3</sup> dan bakteri memasuki masa *viable-but-not-culturable* (VNBC) dimana pada masa ini, bakteri tidak lagi dapat tumbuh dan membentuk koloni pada media kultur konvensional, tetapi menunjukkan adanya aktifitas metabolisme, mengatus patogenitas dan, pada beberapa kasus, kembali tumbuh aktif pada kondisi yang mendukung. Dalam masa ini bakteri patogen akan menghasilkan Toksin P yang menghambat fotosintesis dari alga endosimbion sehingga berakibat pada hilangnya alga dan pigmen (*bleaching*). Saat musim dingin, bakteri *V. shiloi* tidak menghasilkan superoxide dismutase (SOD) dan akan terbunuh oleh oksigen radikal yang dihasilkan oleh karang. Karang akan memperoleh kembali alga dan pigmennya. Pada suhu yang rendah pula, *V. shiloi* tidak menghasilkan Toksin P ataupun adhesin yang digunakan untuk melekatkan diri pada karang (Rosenberg *et al.*, 2007)

#### **b. Nutrisi Berlebih (Eutrofikasi)**

Eutrofikasi merupakan faktor lokal penting yang mempengaruhi kesehatan terumbu karang. Eutrofikasi dapat memberikan dampak langsung pada karang Scleractinia dengan menghambat reproduksi, mengurangi proses kalsifikasi, mengurangi ambang cekaman panas dan cahaya yang menyebabkan *bleaching*, mempercepat terjadinya penyakit karang

dan pergeseran komunitas mikroba terhadap bakteri yang berhubungan dengan karang yang sakit (Jessen *et al.*, 2013). Voss dan Richardson dalam Bell *et al.* (2013), menyebutkan bahwa peningkatan konsentrasi N dan P juga meningkatkan laju penyebaran penyakit *Black Band Disease* (BBD). Peningkatan konsentrasi *Dissolved Organic Matter* (DOM) dapat meningkatkan konsentrasi bakteri yang berasosiasi dengan lapisan *mucopolysaccharide* yang terdapat di permukaan karang yang dapat memicu timbulnya penyakit karang.

### **c. Penangkapan Ikan Berlebihan (*Overfishing*)**

Penangkapan ikan secara berlebihan secara tidak langsung dapat menyebabkan penyebaran penyakit karang. Hal ini dapat terjadi karena kegiatan tersebut akan menyebabkan hilangnya spesies-spesies ikan herbivora yang memakan makroalga. Pertumbuhan makroalga yang berlebihan dapat menjadi cekaman (stres) pada karang. Nugues *et al.*, (2003) menyebutkan bahwa keberadaan alga akan mengakibatkan karang lebih rentan terhadap penyakit dengan melemahkan ketahanan dan meningkatkan paparannya terhadap patogen.

## **2.6 Sindrom Putih (*White Syndrome*)**

Sindrom putih (*White Syndrome*) merupakan istilah umum untuk penyakit karang Scleractinian yang menunjukkan gejala hilangnya jaringan dan memperlihatkan skeleton karang yang berwarna putih (Sussman *et al.*, 2008). Di wilayah perairan Indo-Pasifik penyakit sindrom putih sendiri meliputi seluruh penyakit yang menunjukkan tanda-tanda kehilangan jaringan dan menghasilkan rangka putih. Sindrom putih dibedakan berdasarkan lesi yang terjadi pada karang. Jika jaringan yang hilang membentuk pita dari rangka yang berwarna putih maka disebut sebagai sindrom putih yang menyebar (*diffuse white syndrome*). Sering kali berasal dari lesi kecil dan kemudian menyebar membentuk pita yang akan menyelubungi seluruh bagian koloni. Lesi yang terjadi berbentuk linear dengan tepi yang kabur menghasilkan pola yang saling menyambung dari rangka putih

yang terbuka. Contoh penyakit yang memiliki tipe lesi seperti ini adalah *White Syndrome* (WSyn), *White Plague* (WP), dan *Porites White Patch Disease* (PWPS) (Bourne *et al.*, 2014).

Tipe lesi yang kedua adalah sindrom putih yang terpusat (*focal white syndrome*) yang umumnya diawali dengan hilangnya warna pada jaringan. Lesi yang terjadi membentuk pola *focal* maupun *multifocal*. Lesi *multifocal* seringkali bergabung dan membentuk pola lingkaran atau persegi di koloni karang dengan tepian yang halus dan kabur. Ukuran lesi berdiameter antara 3-5 mm dan memiliki laju infeksi yang beragam mulai dari kronis hingga subakut. Contoh penyakit sindrom putih yang memiliki tipe lesi seperti ini adalah *Ulcerative White Spot* (UWS) (Bourne *et al.*, 2014).

**a. *White Syndrome* (WSyn)**

Penyakit ini ditandai dengan tidak adanya pita yang terlihat jelas diantara jaringan yang sehat dan skeleton yang kosong. Lesi yang terjadi pada skeleton menunjukkan warna putih pada awalnya dan perlahan menjadi cokelat seiring dengan skeleton yang menjadi kotor. Penyakit ini menyerupai *bleaching*, namun jika diamati lebih dekat akan terlihat bahwa ada jaringan yang hilang. Laju penghilangan jaringan antara sedang hingga cepat (Raymundo *et al.*, 2008).

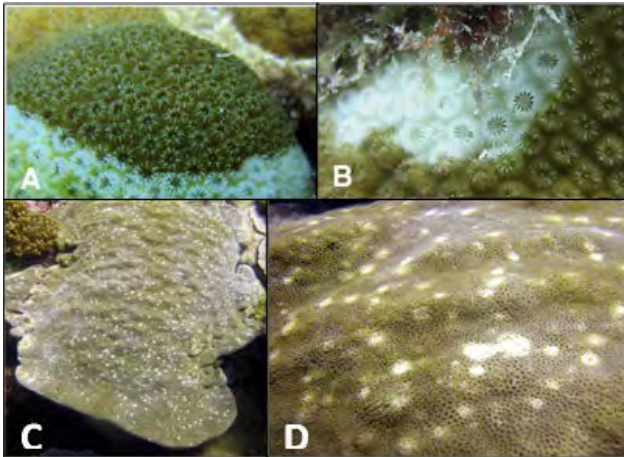
**b. *Ulcerative White Spot* (UWS)**

Hilangnya jaringan membentuk pola *multifocal* dan menunjukkan skeleton yang utuh dan berwarna putih. Lesi pada skeleton relatif kecil dengan diameter <1cm, berbentuk bulat telur dan terdapat jaringan yang memutih atau tidak ada jaringan sama sekali. Infeksi berat menghasilkan penggabungan lesi dan diikuti dengan kolonisasi alga. Penyakit ini sering terjadi pada *Porites*, *Montipora*, anggota dari Famili Faviidae dan *Heliopora* (Raymundo *et al.*, 2008).

**c. *White Plague* (WP)**

Penyakit *White Plague* (WP) terlihat mirip dengan *White Band Disease* (WBD), tetapi WP menyerang pada karang yang berbeda. Penyakit ini cenderung menyerang karang yang

berstruktur masif dan *encrusting*. Pada kedua struktur karang ini terlihat adanya jaringan karang yang hilang, meninggalkan rangka karang yang berwarna putih kosong (Siringoringo, 2007). Lesi yang terjadi membentuk pola *focal* atau penggabungan *multifocal* berbentuk tepian linear atau anular tergantung bentuk koloni karangnya. Hilangnya jaringan secara linear bermula dari dasar atau tepi koloni selain itu dapat juga berasal dari alga atau sedimen yang bersentuhan langsung dengan koloni. Laju infeksi dari penyakit ini antara 1 mm hingga >10 cm per hari (Raymundo *et al.*, 2008). Secara kasat mata, jenis penyakit ini dapat diidentifikasi dengan adanya batas yang jelas antara jaringan yang mengalami pigmentasi dan kerangka kosong yang berwarna putih karena telah kehilangan jaringan. *White Plague* (WP) yang ditemukan di perairan Karibia dibedakan berdasarkan laju terjadinya lesi pada jaringan menjadi 3 tipe yaitu WP I, WP II dan WP III (Kellogg *et al.*, 2013).



Gambar 2.4 Penyakit Sindrom Putih yang Menyerang Karang.

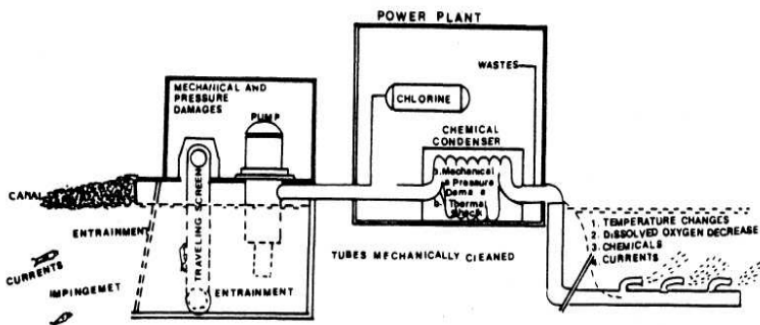
Keterangan gambar : (A. *White Plague* (WP); B. *White Syndrome* (WSyn) (Sheridan *et al.*, 2013); C-D. *Porites Ulcerative White Spot* (PUWS) pada koloni *Porites lutea* (Weil *et al.*, 2012)).



## 2.7 Air Bahang

Air bahang adalah air limbah dari sumber proses pendinginan yang menggunakan air laut sebagai bahan baku yang dialirkan satu kali lewat (*once through system*) melalui kondensor menuju badan air/laut (Permenlh No.8 Tahun 2009). Tugas utama air pendingin ini hanyalah mengambil kalor dari kondensor sehingga air pendingin ini mengalami kenaikan suhu. Sehingga PLTU memiliki produk sampingan berupa air panas yang suhunya lebih tinggi dari pada suhu air sebelum dipakai untuk pendingin. Air pendingin yang bersuhu relatif tinggi, bervolume besar, dan secara berkesinambungan dibuang kembali ke perairan setempat maka akan membuat suhu perairan penerima air pendingin naik (Hutomo *et al.* 1992).

Masuknya limbah air panas dari kanal pendingin ke laut (*thermal pollution*) dalam jumlah besar dapat memberikan dampak negative bagi kehidupan biota laut di sekitarnya. Secara kimia kenaikan temperatur berpengaruh terhadap kecepatan reaksi dimana reaksi pada kondisi yang setimbang akan berubah sejalan dengan perubahan temperatur. Kecepatan reaksi akan naik sekitar dua kalinya untuk setiap kenaikan  $10^{\circ}\text{C}$ . Banyak reaksi yang mempengaruhi kualitas air yaitu reaksi biokimia di sekitar pusat aktivitas mikrobia (Cahyana, 2011).



Gambar 2.5 Sistem Pendingin Pembangkit Listrik (Hutomo *et al.*, 1992).

## **2.8 Tinjauan Mengenai Perairan PLTU Paiton**

PLTU Paiton Probolinggo terletak di pantai utara pulau Jawa dan merupakan pusat industri pembangkit listrik terbesar se-Jawa Bali (Ismayati *et al.*, 2013). PLTU Paiton berlokasi di desa Bhinor, Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Prinsip kerja PLTU Paiton unit 1 dan 2 secara umum adalah pembakaran batubara pada boiler untuk pemanasan air dan pengubahan air tersebut mejadi uap yang sangat panas sebagai penggerak turbin dan menghasilkan tenaga listrik dari kumparan medan magnet di generator (PJB Paiton, 2007). Unit Pembangkitan Paiton adalah salah satu pembangkit listrik tenaga uap yang menyuplai kebutuhan energi listrik se-Jawa Bali memiliki total kapasitas sistem kelistrikan sekitar 800 MW pada 1 dan unit 2 (PT. PJB, 2014). PLTU Paiton memiliki unita 3 hingga 8 yang dikelola oleh PT.Jawa Power dan PT. PEC yang apabila dijumlahkan, daya listrik yang dimiliki adalah sebesar 3800 MW (Tim Implementasi PKPP, 2012). Berdasarkan hasil pemantauan di perairan PLTU Paiton Periode Mei 2013, menunjukkan bahwa suhu air laut yang sebelum digunakan sebagai air pendingin adalah 31,4°C. Setelah sdigunakan sebagai air pendingin, suhunya menjadi 38,6°C (PT. Jawa Power, 2013).



Gambar 2.6 Sebaran Panas Air Bahang PLTU Paiton (PT. PJB, 2010).

Secara garis besar perairan PLTU Paiton yang berpotensi sebagai lokasi penelitian tentang karang terbagi menjadi 3 wilayah antara lain *Mercusuar*, *Kanal Water Intake* dan *Kanal Water Discharge*. *Kanal Water Intake* merupakan lokasi pemasukan air laut untuk dimanfaatkan sehingga menyebabkan pengadukan sedimen dan menyebabkan jarak jangkauan pandang hanya sekitar 2-3 m. Sedangkan *Kanal Water Discharge* merupakan lokasi pengeluaran air sistem termasuk air bahang (*cooling water discharge*) dengan suhu yang cenderung panas serta adanya pertemuan arus dari *Water Discharge* dan laut lepas (PJB Paiton 2007 dalam Effendi, 2013)

Sebagian besar karang yang ada di sekitar *Kanal Water Intake* dan *Kanal Water Discharge* merupakan hasil *recruitment* (penempelan) karang pada blok-blok beton yang ditenggelamkan ke laut. Berdasarkan hasil pemantauan yang dilakukan pada tahun 2014 penutupan karang di perairan sekitar *Kanal Water Intake* sebesar 79,92% pada kedalaman 3 m dan 51,76% pada kedalaman 10 m. Pada *Kanal Water Discharge* penutupan karang sebesar 70,23% pada *Water Discharge* Barat dan 50,17% di *Water*

Discharge Timur. Penutupan karang di kedua lokasi ini didominasi oleh *Coral Massive* (CM). Lokasi *Mercusuar* memiliki tipe terumbu yang berbeda bila dibandingkan dengan lokasi-lokasi lain. Terumbu karang tumbuh diatas semacam gosong pasir pada kedalaman 4-15 m. Substrat dasar berupa pasir kasar dengan campuran *silt* dan *clay*. Presentase tutupan karang hidup di Mercusuar sebesar 81,48% dan dominasi oleh *Acropora Branching* (ACB) (PJB Paiton, 2014).

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

. Pengambilan data dilakukan di 3 titik pengamatan yaitu di sekitar Perairan PLTU Paiton yaitu pada *Water Intake Canal*, *Water Discharge Canal* Barat dan *Water Discharge* Timur (Gambar 3.1) pada bulan Mei 2015. Perairan di sekitar PLTU Paiton diasumsikan sebagai perairan yang terpengaruh oleh keberadaan air bahang.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian (diadaptasi dari [maps.google.com](https://maps.google.com))

Tabel 3.1 Koordinat Titik Pengamatan

No.	Lokasi	Koordinat	
		Latitude (LS)	Longitude (BT)
1	Water Intake (WI)	7°42'42.3"	113°35'15.2"
2	Water Discharge Barat (DB)	7°42'51.54"	113°35'54.44"
3	Water Discharge Timur (DT)	7°42'56.98"	113°35'53.99"

## 3.2 Prosedur Kerja

### 3.2.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan meliputi pengumpulan informasi mengenai lokasi studi dan studi pustaka yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pengambilan data; kemudian dilakukan penentuan waktu dan lokasi pengambilan data (Tabel 3.1). Penandaan koordinat lokasi pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) eTrex Garmin® dengan akurasi maksimal 3 m.

### 3.2.2 Pengambilan data parameter lingkungan

#### a. Suhu

Suhu diukur dengan menggunakan termometer merkuri PYREX® dengan tingkat ketelitian mencapai 0,5°C. Suhu yang diukur adalah suhu di permukaan air dan suhu pada kedalaman 5 m.

#### b. Kecerahan

Kecerahan perairan diukur dengan menggunakan *Secchi-disk*. Pengukuran dilakukan dengan menenggelamkan piringan (*disk*) hingga kedalaman dimana tidak terlihat lagi perbedaan warna dari piringan *Secchi-disk*. Angka kedalaman dimana piringan tidak lagi terlihat kemudian dicatat (Spellman, 2008).

#### c. pH

Tingkat keasaman (pH) perairan diukur dengan menggunakan pH Pen JENCO® dengan tingkat ketelitian pH hingga 0.2. Pengukuran dilakukan dengan cara mencelupkan *pen* pengukur ke dalam badan perairan hingga angka pH tertera pada layar.

#### d. Salinitas

Salinitas diukur dengan menggunakan ATAGO® MASTER-S/MillM *hand-salino refractometer* yang memiliki ketelitian hingga 1‰. Pengujian dilakukan dengan meneteskan air laut ke permukaan alat yang telah dikalibrasi kemudian ditutup dan diamati angka salinitas yang muncul pada skala.

### e. Dissolved Oxygen (DO)

Kadar Oksigen terlarut diukur dengan menggunakan DO Meter digital EUTECH®. Pengukuran dilakukan dengan cara mencelupkan probe DO meter pada kolom air hingga muncul angka pada layar.

### 3.2.3 Pengambilan data penutupan karang hidup

Pengambilan data penutupan karang hidup dilakukan pada 1 periode saja dengan menggunakan metode *Line Intercept Transect* (LIT) dengan transek sepanjang 20 m dengan pengulangan sebanyak 4 kali tiap lokasi. LIT digunakan untuk menilai suatu komunitas bentik yang *sessile* pada suatu terumbu karang. Komunitas dicirikan dengan menggunakan kategori bentuk hidup (*life form*) yang menghasilkan deskripsi morfologi dari suatu komunitas karang. Metode ini memperkirakan penutupan suatu objek dalam suatu wilayah dan pada umumnya ditampilkan dalam bentuk persentase (English *et al.*, 1994).

Pengamatan dilakukan dengan cara pengamat bergerak perlahan disepanjang transek kemudian dilakukan pencatatan bentuk hidup karang yang dilalui oleh meteran. Bentuk hidup karang (*life form*) diidentifikasi berdasarkan kategori *life form* oleh English *et al.*, (1994). Persen penutupan karang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$L (\%) = \frac{Li}{N} \times 100\%$$

dimana :

- L = Persentase penutupan karang (%)
- Li = Panjang *life form* (*intercept* koloni) jenis kategori ke-i
- N = Panjang total transek

(Tuhumena *et al.*, 2013)

### 3.2.4 Pengambilan data penyakit karang

Pengukuran karang yang terinfeksi dilakukan pada bulan Mei 2015 dengan menggunakan metode survei *belt transect* dengan panjang transek 20 m (Raymundo *et al.*, 2008) dan dilakukan pengulangan transek sebanyak 4 kali. Transek dipasang pada kedalaman 5 m. Sepanjang transek dilakukan perhitungan jumlah koloni karang masif yang berasal dari Famili Faviidae dan Famili Poritidae yang sehat dan terserang penyakit sindrom putih (*white syndrome*). Identifikasi jenis karang dilakukan langsung di lapangan serta dilakukan berdasarkan buku “*Coral of The World*” oleh Veron (2000) dan “*Jenis-jenis Karang di Indonesia*” oleh Suharsono (2004) sedangkan identifikasi penyakit karang dilakukan berdasarkan “*Coral Disease Handbook*” oleh Raymundo *et al.* (2008).

Tabel 3.2 Karakteristik Penyakit (Raymundo *et al.*, 2008)

Penyakit	Karakteristik
<b>Ulcerative White Spot</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• jaringan yang hilang membentuk pola multifocal</li> <li>• lesi yang terjadi umumnya berukuran kecil, bulat dan diawali dengan titik yang memutih</li> <li>• tidak terdapat tanda adanya asosiasi dengan mikroorganisme</li> <li>• <b>perbedaan dengan bleaching</b>, dibedakan dengan tidak adanya jaringan di area yang memutih</li> </ul>
<b>White Syndrome</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• terlihat adanya gradien warna dari putih menjadi coklat</li> <li>• tepi lesi bisa linear, iregular atau anular</li> <li>• tidak terdapat tanda adanya asosiasi dengan mikroorganisme</li> <li>• laju hilangnya jaringan cukup cepat (<math>\leq 20\text{mm/hari}</math>)</li> <li>• tepi jaringan yang mengalami lesi mengalami perubahan warna akibat respon pigmentasi</li> <li>• <b>perbedaan dengan bleaching</b>, dibedakan dengan tidak adanya jaringan di area yang memutih</li> </ul>



Tabel 3.2 Karakteristik Penyakit (Raymundo *et al.*, 2008)  
(lanjutan)

Penyakit	Karakteristik
<b>White Patch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>perbedaan dengan UWS</b>, pada Porites masif, lesi yang terjadi berukuran kecil (multifocal)</li> <li>• tepi antara area yang memutih dan jaringan yang berwarna terlihat berbeda</li> <li>• seringkali ditemukan pada Porites masif</li> </ul>
<b>White Plague</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• terdapat batas yang jelas antara kerangka yang memutih dan jaringan yang masih hidup</li> <li>• hilangnya jaringan secara linear bermula dari dasar atau tepi koloni</li> <li>• laju hilangnya jaringan antara 1 mm hingga &gt;10mm per hari</li> </ul>

### 3.3 Rancangan Penelitian dan Analisa Data

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif kuantitatif. Pada penelitian ini digunakan variabel penelitian yang terbagi menjadi 3 yaitu variabel bebas, variabel tergantung dan variabel moderat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah lokasi dan waktu pengamatan. Sedangkan variabel terikat adalah prevalensi penyakit. Variabel moderat berupa variabel fisika dan kimia seperti suhu, kecerahan, pH dan salinitas dan juga variabel biotik berupa persentase tutupan karang.

Prevalensi merupakan proporsi koloni yang terserang penyakit dibanding dengan total koloni. Nilai prevalensi diperkirakan untuk satu unit luas pengamatan. Prevalensi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Prevalensi (P)} = \frac{\sum \text{koloni terinfeksi}}{\sum \text{koloni total}} \times 100\%$$

(Raymundo *et al.*, 2008).

Table 3.3 Tabel Pengamatan Penyakit Karang

	$\Sigma$ koloni			W. Syn			UWS			W. Patch			W. Plague		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Favia															
Favites															
Porites															
Diploastrea															
Platygyra															
Goniastrea															

Keterangan : (A: Water Intake; B: Water Discharge Barat; C:Water Discharge Timur)

Nilai prevalensi kemudian dianalisa menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) One Way untuk mengetahui kombinasi pengaruh perbedaan lokasi penelitian terhadap prevalensi penyakit. Pengujian dilakukan pada taraf kepercayaan 95% kemudian dilakukan uji lanjutan menggunakan *Tukey test* menggunakan Program SPSS 16.0.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Lokasi Penelitian

#### 4.1.1 Variabel fisik dan kimia perairan

Penelitian prevalensi penyakit karang dilakukan di empat lokasi berbeda di perairan PLTU Probolinggo yaitu di perairan *Water Intake*, *Water Discharge* Timur, dan *Water Discharge* Barat. Pada saat pengamatan penyakit karang, juga dilakukan pengukuran variabel lingkungan yang meliputi suhu, salinitas, kecerahan, pH, dan kadar oksigen terlarut (DO). Pengukuran suhu dan DO dilakukan di permukaan dan di dasar perairan. Hasil pengukuran variabel lingkungan tertera pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Variabel Lingkungan Beserta Baku Mutu untuk Biota Laut.

Variabel	Satuan	Lokasi			Baku Mutu	Sumber
		DB	DT	WI		
<b>Suhu permukaan</b>	°C	33	33	31	28-30	Kepmen Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004
<b>Suhu 5m</b>	°C	31	31	30	28-30	
<b>Salinitas</b>	‰	31	31	33	33-34	
<b>Kecerahan</b>	m	6.72	4.7	5.3	>5	
<b>PH</b>	-	8	9	7.3	7-8.5	
<b>DO permukaan</b>	mg/l	12	10.7	9.8	>5	
<b>DO dasar</b>	mg/l	11	9.7	8.5	>5	

Keterangan : DB : *Water Discharge* Barat

DT : *Water Discharge* Timur

WI : *Water Intake*

Pengukuran variabel lingkungan di perairan PLTU Paiton menunjukkan bahwa sebagian besar variabel lingkungan masih berada pada kisaran baku mutu perairan laut yang diatur dalam Kepmen Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 Lampiran III. Salah satu variabel yang berada diatas kisaran baku mutu adalah

suhu. Suhu di wilayah *Water Discharge* Timur dan *Water Discharge* Barat mencapai 33°C dan bila dilakukan rata-rata, suhu di ketiga lokasi penelitian adalah 31,6°C. Suhu dasar perairan berkisar antara 30-31°C. Suhu yang hangat akan berdampak pada ketahanan, pertumbuhan, reproduksi, kesehatan dan fenologi dari organisme laut. Waktu cekaman panas juga berkontribusi terhadap terjadinya pemutihan karang secara massal dan penyebaran penyakit (Burge *et al.*, 2014).

Salinitas di ketiga lokasi seperti yang tertera pada Tabel 4.2 berada pada kisaran 31-33‰ dengan rata-rata sebesar 31.67‰. Nilai ini berada dibawah kisaran baku mutu, namun masih optimal bagi perkembangan dan pertumbuhan terumbu karang. Menurut Sadarun *et al.* (2013) kisaran normal salinitas perairan laut untuk perkembangan dan pertumbuhan terumbu karang secara optimal adalah 30-33 ppt tetapi daya tahan setiap jenis hewan karang berbeda. Ketika salinitas dibawah minimum atau maksimum tingkat salinitas normal terkadang masih ditemukan hewan karang yang mampu bertahan hidup. Perubahan salinitas secara alamiah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain curah hujan, pengaliran air tawar ke laut secara langsung maupun lewat sungai dan gletser, penguapan dan arus laut (Huboyo *et al.*, 2007). Perubahan salinitas dapat memengaruhi metabolisme dan/atau fotofisiologi dari hewan karang melalui cekaman salinitas pada alga simbiosis karang (van der Merwe *et al.*, 2014).

Tingkat kecerahan di ketiga perairan cukup baik yaitu berkisar antara 4.7 hingga 6.72 meter dimana tingkat kecerahan optimal sesuai dengan baku mutu Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 untuk Biota Laut adalah lebih dari 5 m eter. Tingkat kecerahan tertinggi yaitu sebesar 6.72 meter terletak pada *water discharge* barat sedangkan kecerahan terendah terdapat di *water discharge* timur yaitu sebesar 4.7 meter. Kecerahan berhubungan dengan jumlah cahaya yang masuk ke dalam perairan. Perairan yang jernih memungkinkan penetrasi cahaya sampai pada lapisan yang lebih dalam. Karang sebagian besar hidup dengan subur pada kedalaman 20 m dan keanekaragaman spesies dan

pertumbuhan yang baik ditemukan pada kedalaman antara 3 sampai 10 m (Affandi *et al.*, 2015). Salah satu faktor yang menyebabkan berkurangnya kecerahan adalah kekeruhan perairan. Effendi (2003) menyebutkan bahwa kekeruhan disebabkan oleh bahan organik/anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Kekeruhan akibat sedimentasi dapat menjadi suatu mekanisme transmisi patogen karang dari laut atau substrat daratan ke area dekat karang (Pollock *et al.*, 2014).

Pengukuran variabel pH yang dilakukan di 3 lokasi penelitian menunjukkan pH berada pada kisaran 7.3-9. Sesuai dengan Kepmen LH No.51 Tahun 2004, pH perairan yang sesuai dengan baku mutu adalah berada pada kisaran 7-8.5. pH yang tinggi juga akan meningkatkan tingkat kejenuhan argonit dan membuat pengendapan  $\text{CaCO}_3$  menjadi lebih cepat (Al Horani *et al.*, 2003).

Tingkat oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) yang diukur pada lokasi penelitian memiliki rentang antara 9.8-12 mg/L di permukaan dan 8.5-11 mg/L di kedalaman 5 m. Oksigen terlarut di kedalaman 5 meter lebih rendah. Kadar oksigen terlarut di suatu perairan akan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman (Simanjuntak, 2009).

#### **4.1.2 Penutupan karang dan komposisi karang masif**

Penutupan karang di setiap lokasi pengamatan diukur dengan menggunakan metode *Line Intercept Transect* (LIT) sepanjang 80 m. Metode LIT digunakan untuk memperkirakan penutupan dari suatu objek pada suatu area dan kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase. Komunitas karang dicirikan menggunakan kategori *life form*. Kategori ini dicatat oleh pengamat yang berenang di sepanjang garis transek (English *et al.*, 1994).

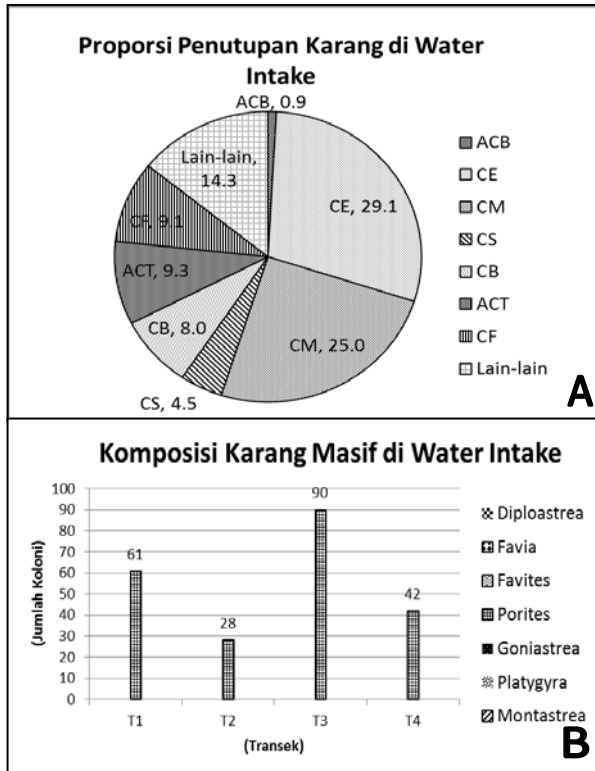
Tabel 4.2 Penutupan Karang Hidup

Lokasi	Penutupan Karang Hidup (%)	Kategori (Kepmen LH No.4 Tahun 2001)
<b>Water Intake</b>	85.75	Baik Sekali
<b>Water Discharge Timur</b>	40.8	Sedang
<b>Water Discharge Barat</b>	60.75	Baik

Dari hasil pengamatan penutupan karang yang tertera pada Tabel 4.3 terlihat bahwa lokasi dengan penutupan karang tertinggi adalah lokasi *Water Intake* dengan persentase penutupan karang hidup sebesar 85.75% (sangat baik). Persentase penutupan karang hidup di lokasi *Water Discharge* Timur dan *Water Discharge* Barat berbeda meskipun lokasi keduanya berdekatan. Persentase tutupan di *Water Discharge* Barat sebesar 60.75% (baik) sedangkan di *Water Discharge* Timur sebesar 40.8% (sedang). Perairan *Water Discharge* memiliki penutupan karang hidup yang memiliki kondisi dari kisaran sedang hingga baik. Lokasi DB memiliki persentase penutupan karang hidup yang lebih tinggi, hal ini dapat terjadi karena berdasarkan hasil pengukuran, beberapa variabel lingkungan di lokasi *Water Discharge* Barat berada pada nilai yang mendekati optimal untuk mendukung pertumbuhan karang. Kecerahan di lokasi DB lebih tinggi dibanding lokasi DT. Kecerahan berpengaruh terhadap proses fotosintesis alga simbion (zooxanthellae) pada karang. Dengan adanya fotosintesis tersebut, maka karang dapat mendeposit kerangka kapur 2 hingga 3 kali lebih cepat dibanding saat kondisi gelap. Sehingga cahaya mempercepat laju kalsifikasi (Veron, 1986).

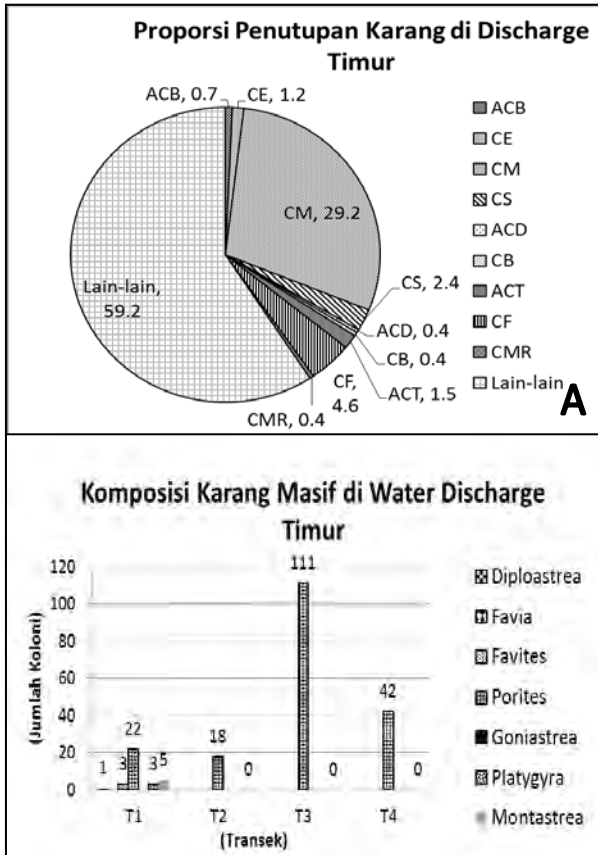
Tidak hanya cahaya, konsentrasi oksigen terlarut juga mempengaruhi pertumbuhan karang. Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi DO di lokasi DB (12) lebih tinggi dari lokasi DT (10,7). Karang dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen terlarut sebagai hewan laut karang juga membutuhkan oksigen untuk melakukan respirasi (Liang *et al.*, 2011). Perbedaan pada kedua faktor lingkungan ini yang mungkin memberikan

perbedaan persentase penutupan karang hidup di kedua lokasi *Water Discharge*.



Gambar 4.1 Kondisi Terumbu Karang Water Intake.

Keterangan gambar : (A: Proporsi (%) Penutupan Karang Hidup Water Intake (**ACB**. Acropora Branching; **CE**. Coral Encrusting; **CM**. Coral Massive; **CS**. Soral Submassive; **CB**. Coral Branching; **ACT**. Acropora Tabulate; **CF**. Coral Foliose); B: Komposisi Karang Masif Water Intake).



Gambar 4.2 Kondisi Terumbu Karang Water Discharge Timur

Keterangan gambar : (A: Proporsi (%) Penutupan Karang Hidup Water Water Discharge Timur (**ACB**. Acropora Branching; **CE**. Coral Encrusting; **CM**. Coral Massive; **CS**. Soral Submassive; **ACD**. Acropora Digitate **CB**. Coral Branching; **ACT**. Acropora Tabulate; **CF**. Coral Foliose; **CMR**. Coral Mushroom; **SC**. Soft Coral); B: Komposisi Karang Masif Water Discharge Timur).

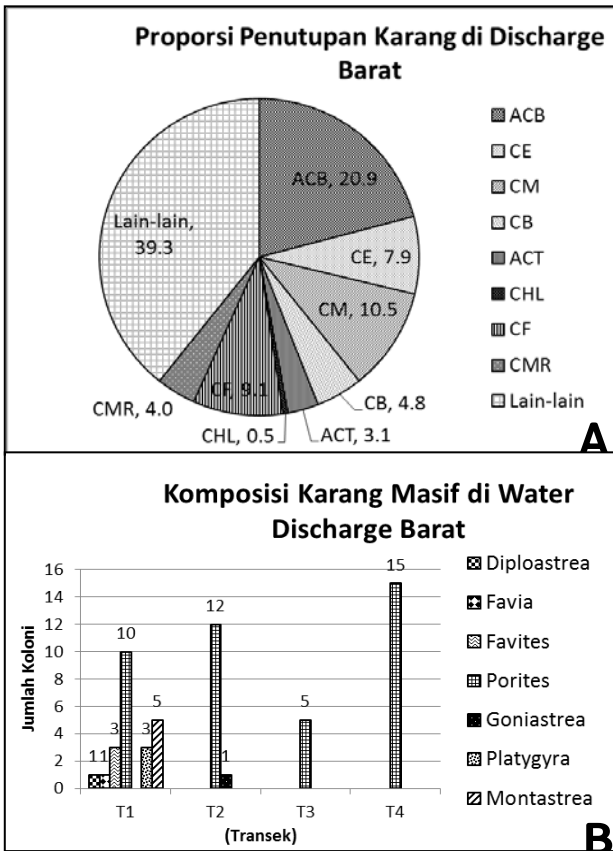


Jika ditinjau dari penyusun penutupan karangnya, sebagian besar *lifeform* karang di *Water Intake* didominasi oleh *Coral Encrusting* (CE) dengan persentase sebesar 29.075% dari total tutupan karang hidup kemudian diikuti oleh *life form Coral Massive* (CM) sebesar 25%, *Acropora Tabulate* (ACT) sebesar 9.25% dan *Coral Foliose* (CF) sebesar 9.05% (Gambar 4.1). *Coral Encrusting* (CE) seringkali ditemukan di perairan dengan gelombang yang tinggi (Chappell, 1980). Berdasarkan genusnya, genus karang masif yang paling banyak ditemui di perairan *Water Intake* adalah genus *Porites*.

Pada lokasi *Water Discharge* Timur, kategori *life form* yang paling banyak ditemukan adalah CM dengan persentase sebesar 29.2% dari total tutupan karang hidup. Selanjutnya diikuti oleh kategori CF sebesar 4.6%. Kategori *life form* lainnya seperti CS, ACT, CE, SC, dan ACB ditemukan dalam persentase yang kecil yaitu berkisar antara 0.4-1.5% (Gambar 4.2). Karang masif di lokasi ini kebanyakan didominasi oleh Genus *Porites* dari Famili Poritidae dengan total koloni sebanyak 193 koloni. Sedangkan genera lain yang ditemukan berasal dari Famili Faviidae seperti *Disploastrea* (1 koloni), *Favites* (3 koloni) dan *Platygyra* (3 koloni), *Montastrea* (5 koloni).

*Life form* karang dominan di *Water Discharge* Barat adalah ACB dengan persentase sebesar 20.9% dari keseluruhan total penutupan karang hidup dan kemudian diikuti oleh CM sebesar 10.5% dan CF sebesar 9.1%. Sedangkan kategori *life form* lain seperti CB, CMR, ACT dan CHL ditemukan dalam persentase yang relatif kecil yaitu sebesar 0.5-4.8% (Gambar 4.3). Berbeda dengan lokasi DT, lokasi DB lebih didominasi oleh *life form* ACB karena lokasi ini memiliki tingkat kecerahan yang paling tinggi (6.72 m) dari ketiga lokasi penelitian. Menurut Chappell (1980), pada suatu perairan dengan ketersediaan cahaya yang melimpah akan cenderung membentuk karang *branching* karena cahaya yang melimpah dapat mendukung kehidupan karang dengan permukaan yang tertutup oleh polip. Berdasarkan genusnya, karang dominan untuk *lifeform* CM adalah *Porites*

dari Famili Poritidae dengan total 42 koloni. Sedangkan dari Famili Faviidae genera yang ditemukan antara lain *Disploastrea*, *Favia*, *Favites*, *Goniastrea*, *Platygyra* dan *Montastrea*.



Gambar 4.3 Kondisi Terumbu Karang Water Discharge Barat.

Keterangan gambar : (A: Proporsi (%) Penutupan Karang Hidup Water Discharge Barat (**ACB.** Acropora Branching; **CE.** Coral Encrusting; **CM.** Coral Massive; **CB.** Coral Branching; **ACT.** Acropora Tabulate; **CF.** Coral Foliose; **CHL.** Coral Heliopora; **CMR.** Coral Mushroom;); B: Komposisi Karang Masif Water Discharge Barat)

Pada ketiga lokasi pengamatan, kategori CM didominasi oleh genus *Porites* dari Famili Poritidae. *Porites* merupakan komponen karang yang besar dan dapat ditemukan di hampir seluruh habitat karang. Karang *Porites* memiliki umur yang panjang dan fekunditas yang tinggi. Karang ini mampu menghasilkan larva dalam populasi yang besar dan kemudian akan menempel pada substrat dan memperbesar kemungkinan terjadinya rekrutmen karang (Green *et al.*, 2008). Karang *Porites* sangat toleran terhadap berbagai perubahan terhadap variabel lingkungan.

Menurut Lough *et al.* (2000), laju pertumbuhan *Porites* secara signifikan berhubungan dengan suhu dimana berdasarkan penelitian yang dilakukan di Kepulauan Hawaii laju perluasan koloni tahunan meningkat sebesar 3.1 mm/tahun dalam setiap peningkatan suhu sebesar 1°C pada rata-rata suhu permukaan laut tahunan. Karang jenis ini mampu mentoleransi perubahan suhu dan salinitas air laut. Kombinasi dari kedua faktor tersebut memiliki dampak sinergis pada tingkat stress dan ketahanan karang, namun *Porites* memiliki toleransi pada kondisi ekstrim kedua faktor tersebut sehingga *Porites* menjadi genus yang dominan pada terumbu karang yang berkembang di lingkungan yang keras. *Porites* juga memiliki ukuran koloni yang masif dan dapat mencapai ukuran yang besar sekali (Hopley, 2011). Hal ini juga yang menyebabkan dari ketiga lokasi pengamatan, karang masif yang mendominasi adalah genus *Porites*.

#### **4.2 Prevalensi dan Tingkat Infeksi Penyakit Karang**

Hasil analisis ANOVA ( $p=0.05$ ) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata prevalensi penyakit di lokasi *Water Discharge* Barat (DB), *Water Discharge* Timur (DT) dan *Water Intake* (WI). Berdasarkan uji lanjutan menggunakan *Tukey Test* diketahui bahwa lokasi yang memiliki perbedaan signifikan pada nilai prevalensi penyakitnya adalah lokasi *Water Discharge* Barat. Data prevalensi penyakit juga disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Tabel Prevalensi *White Syndrome*

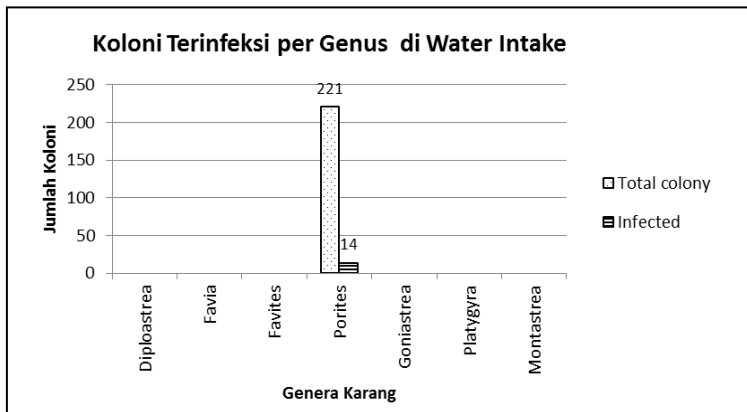
Lokasi	Nilai Prevalensi (%)				Rata-rata $\pm$ SD
	R1	R2	R3	R4	
WI	4.92	10.71	7.78	2.35	$6.44 \pm 3.6^a$
DT	17.65	27.78	6.31	2.38	$13.53 \pm 11.5^a$
DB	43.48	38.46	40	40	$40.49 \pm 2.12^b$

Keterangan : R=replikasi. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan berdasarkan uji *Tukey* pada  $p=0,05$ .

Dari tabel tersebut juga terlihat bahwa lokasi yang memiliki tingkat prevalensi *White Syndrome* tertinggi adalah lokasi DB sebesar 40.49% dan kemudian diikuti oleh lokasi DT dengan tingkat prevalensi sebesar 13.53%. Berdasarkan pengukuran variabel lingkungan, baik lokasi DB maupun DT, memiliki suhu perairan relatif lebih tinggi dibandingkan lokasi lainnya yaitu sebesar 33°C di permukaan dan 31°C di kedalaman 5 m. Namun prevalensi penyakit di lokasi DB memiliki rata-rata yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan lokasi DT padahal keduanya memiliki kisaran suhu yang sama. Hasil pengukuran suhu pada Laporan Pemantauan tahunan yang dilakukan oleh PT.PJB (2014) menunjukkan bahwa selama 4 tahun pengamatan (2010-2014) lokasi DB memiliki suhu yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan lokasi DT yaitu berkisar antara 32-35°C. Suhu yang tinggi akan meningkatkan stress pada karang sebagai inang dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi (Ward *et al.*, 2007) Jika ditinjau dari tingkat penutupan karangnya, lokasi DB memiliki penutupan karang yang lebih besar dimana penutupan karang ini berhubungan erat dengan kepadatan inang sebagai vektor penyebaran penyakit. Hal ini sesuai dengan Bruno *et al.* (2007) yang menyatakan bahwa tingginya kepadatan inang dapat memiliki dampak pada dinamika penyakit. Hal tersebut berhubungan dengan laju transmisi secara horizontal sehingga akan meningkatkan prevalensi. Berdasarkan Laporan Pemantauan Lingkungan PT. PJB pada tahun 2010 (Gambar 2.6),

menunjukkan bahwa air bahang dengan suhu 33°C memiliki jarak  $\pm 441$  m ke arah barat dan  $\pm 189$  m ke arah timur. Penyebaran suhu ini kemungkinan dipengaruhi oleh keberadaan arus dimana menurut Wyrki dalam Ismayati *et al.* (2013) sirkulasi air laut di perairan Indonesia dipengaruhi oleh sistem angin muson. Pada Bulan Mei sedang terjadi Muson Timur dimana arah arus permukaan bergerak menuju barat yang akhirnya menuju ke Laut Cina Selatan. Hal ini lah yang dimungkinkan menjadi penyebab lokasi DB memiliki nilai prevalensi yang lebih tinggi dari lokasi DT. Menurut Palmer *et al.* (2011), suhu perairan yang menghangat dapat meningkatkan kelimpahan patogen, mengubah virulensi patogen dan mempengaruhi imunitas karang.

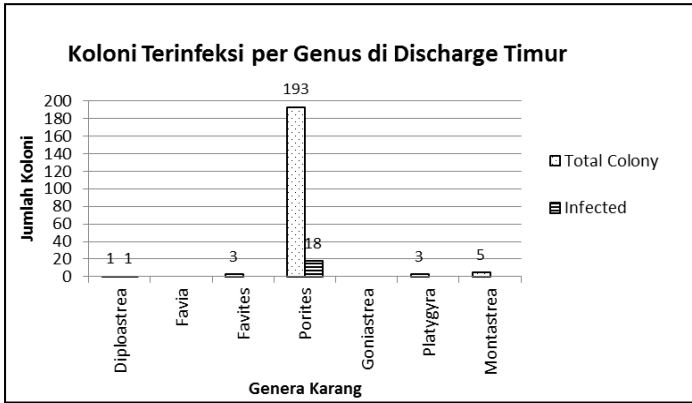
Hasil pengamatan penyakit karang di lokasi Water Intake menunjukkan bahwa dari 221 k oloni karang *Porites* yang ditemukan, 14 koloni diantaranya terinfeksi penyakit (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Jumlah Koloni Terinfeksi di Water Intake.

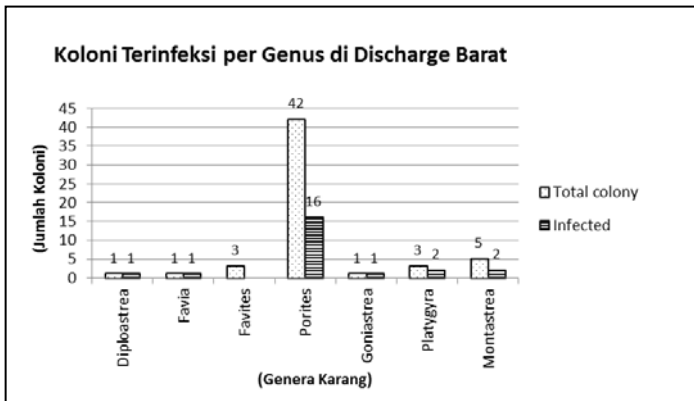
Terdapat 5 genera karang yang ditemukan di lokasi *Water Discharge* Timur antara lain yaitu *Disploastrea* (1), *Favites* (3), *Porites* (193), *Platygyra* (3) dan *Montastrea* (5) dengan total berjumlah 205 k koloni dengan 19 koloni diantaranya mengalami

infeksi penyakit (Gambar 4.5). Koloni karang yang mengalami infeksi sebagian besar merupakan karang *Porites* sebanyak 18 koloni dan karang *Diploastrea* 1 koloni. Pada saat pengamatan tidak ditemukan adanya infeksi yang terjadi pada karang *Favites*, *Platygyra* dan *Montastrea*.



Gambar 4.5 Jumlah Koloni Terinfeksi di Water Discharge Timur.

Selanjutnya di lokasi *Water Discharge* Barat ditemukan 7 genus karang masif yaitu *Disploastrea* (1), *Favia* (1), *Favites* (3), *Porites* (42), *Goniastrea* (1), *Platygyra* (3) dan *Montastrea* (5) dengan total keseluruhan 56 koloni dan 23 koloni diantaranya terinfeksi penyakit (Gambar 4.6). Koloni yang mengalami infeksi berasal dari genus *Disploastrea*, *Favia* dan *Goniastrea* masing-masing sebanyak 1 koloni, dari genus *Platygyra* dan *Montastrea* sebanyak 2 koloni sedangkan dari karang *Porites* sebanyak 16 koloni.



Gambar 4.6 Jumlah Koloni Terinfeksi di *Water Discharge* Barat.

Dari ketiga lokasi pengamatan ditemukan bahwa genus *Porites* mendominasi baik dari jumlah total koloni maupun jumlah koloni yang terinfeksi. Secara teori, karang masif seharusnya memiliki ketahanan yang lebih terhadap penyakit dibandingkan dengan karang yang bercabang karena tipe karang masif mengalokasikan energi lebih untuk pemeliharaan koloni sedangkan pada karang bercabang energi digunakan untuk tumbuh dan bereproduksi (Haapkylä *et al.*, 2010). Kepadatan karang *Porites* sebagai inang juga dapat menjadi penyebab rentannya karang ini terhadap penyakit karena hampir disetiap lokasi pengamatan, jumlah karang *Porites* mendominasi komposisi karang masif. Bruno *et al.* (2007) dalam penelitiannya menyatakan bahwa tingginya kepadatan inang berhubungan dengan meningkatnya laju transmisi penyakit secara horizontal. Penelitian Raymundo *et al.* (2005) yang dilakukan di Filipina menunjukkan bahwa *Porites* merupakan komponen utama penyusun komunitas yang diprediksi akan menunjukkan tanda-tanda penyakit jika terdapat patogen karena pada penelitian tersebut hampir semua penyakit (PUWS, Tumor, *Pigmentation Response* dan WSyn) juga ditemukan muncul pada genus ini.

. Kemungkinan lain tingginya kerentanan koloni *Porites* masif terhadap penyakit ada hubungannya dengan predasi yang membahayakan kesehatan karang (Séré *et al.*, 2015). Bekas gigitan ikan sering terlihat pada koloni karang *Porites* selama pengamatan di lokasi seperti Water Intake. Chong-Seng *et al.* dalam Séré *et al.* (2015) menemukan bahwa ikan-ikan yang tergolong dalam famili Blennidae, Chaetodontidae dan Pomacentridae lebih cenderung memakan karang dan mungkin akan berpotensi menyebarkan penyakit (vektor). Berdasarkan Laporan Pemantauan Terumbu dan Ikan Karang PLTU Paiton Tahun 2014 Pomacentridae mendominasi kelimpahan ikan untuk grup *major species*.



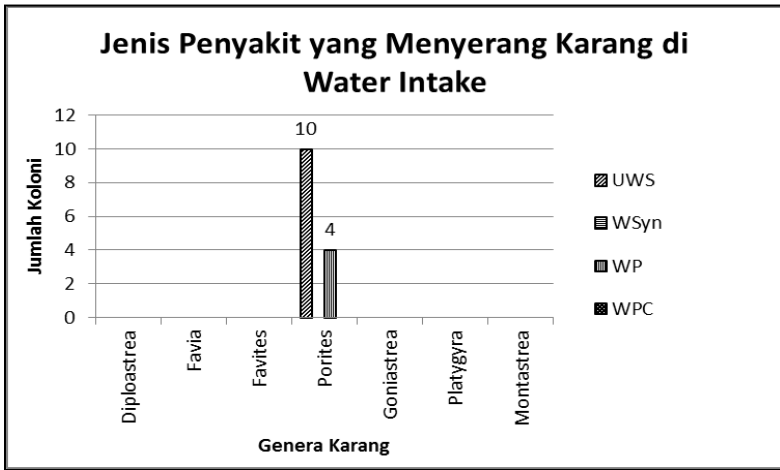
Gambar 4.7 Bekas Gigitan Ikan pada Karang *Porites*

#### 4.3 Jenis Penyakit *White Syndrome* yang Menyerang Karang

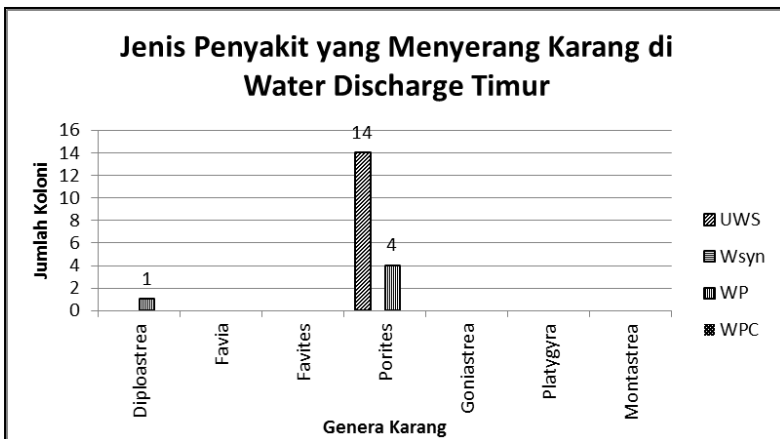
Terdapat 3 penyakit *White Syndrome* yang ditemukan diketiga lokasi pengamatan yaitu *Ulcerative White Spot* (UWS), *White Syndrome* (WSyn), dan *White Plague* (WP). Pada lokasi *Water Intake* ditemukan 2 penyakit yaitu UWS dan WP. Kedua



penyakit tersebut menyerang genus karang yang sama yaitu *Porites* (Gambar 4.7). Dari 14 koloni *Porites* yang terinfeksi, terdapat 10 koloni *Porites* terinfeksi UWS dan 4 koloni terinfeksi WP.



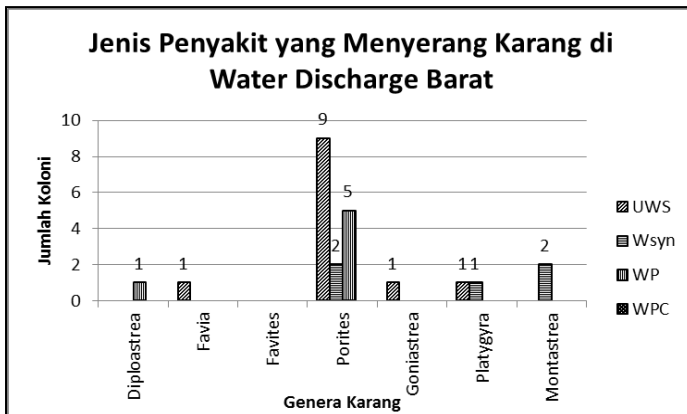
Gambar 4.8 Jenis Penyakit di *Water Intake*



Gambar 4.9 Jenis Penyakit di *Water Discharge Timur*.

Jenis penyakit yang ditemukan di *Water Discharge* Timur (DT) tidak jauh berbeda dengan di lokasi *Water Intake* (WI) dimana penyakit yang ditemukan adalah UWS dan WP. Penyakit WP menginfeksi karang *Diploastrea* sebanyak 1 koloni dan *Porites* sebanyak 4 koloni. Sedangkan Penyakit UWS hanya menginfeksi karang *Porites* sebanyak 14 koloni (Gambar 4.8).

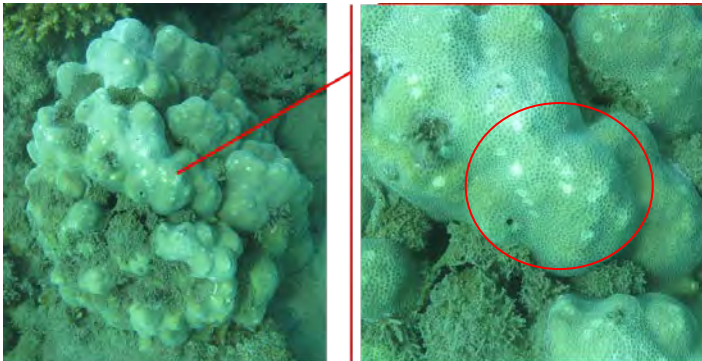
Terdapat 3 jenis penyakit yang menginfeksi karang di perairan *Water Discharge* Barat (DB) antara lain UWS, WSyn dan WP. UWS menyerang 4 genus karang seperti *Favia*, *Goniastrea* dan *Platygyra* sebanyak masing-masing 1 koloni dan juga menyerang karang *Porites* dengan jumlah koloni terbanyak yaitu sebanyak 9 koloni. Tidak hanya UWS, karang *Porites* juga terinfeksi penyakit WP sebanyak 5 koloni. Penyakit WP juga ditemukan pada *Diploastrea* namun dengan jumlah koloni terinfeksi yang lebih rendah dibandingkan dengan *Porites*. Berbeda dengan lokasi pengamatan yang lain, di lokasi DB ditemukan jenis penyakit lain yang menginfeksi karang meskipun jumlah infeksi pada masing-masing karang tidak begitu besar yaitu Penyakit WSyn dimana penyakit ini terlihat menginfeksi karang *Porites*, *Platygyra* dan *Montastrea*. Terdapat masing-



Gambar 4.10 Jenis Penyakit di *Water Discharge* Barat.

masing 2 koloni karang *Porites* dan *Montastrea* yang terinfeksi WSyn sedangkan pada karang *Platygyra* hanya ditemukan 1 koloni karang yang terinfeksi. Di ketiga lokasi penelitian, jenis penyakit yang paling sering ditemukan adalah UWS dan kebanyakan menyerang karang *Porites*. Penyakit ini ditandai dengan adanya lesi berwarna putih berukuran kecil yang tersebar di seluruh bagian koloni karang.

Raymundo *et al.* (2003) mendeskripsikan *Ulcerative White Spot* (UWS) sebagai suatu penyakit yang muncul dengan adanya jaringan yang memutih berbentuk bulat hingga bulat telur dengan diameter 3 hingga 5 mm. Lesi atau jaringan yang hilang memberikan pola yang *multifocal*. Terkadang lesi ini ditemukan saling bergabung antara lesi satu dengan lesi yang lain sehingga dapat menyebabkan kematian pada keseluruhan koloni (Bourne *et al.*, 2014).



Gambar 4.11 Karang *Porites* yang Terinfeksi *Ulcerative White Spot* (UWS).

Keterangan gambar: (A: Lesi multifocal pada koloni karang; B: lesi multifocal yang saling bergabung membentuk daerah lesi yang lebih besar (Dokumentasi pribadi)).

*Porites* merupakan genus karang masif yang dominan di tiap lokasi pengamatan, meskipun tidak semua lokasi pengamatan penutupan karangnya didominasi oleh karang masif. Arboleda dan Reichardt dalam Ammar et al. (2013) menyatakan bahwa agen penyebab *Ulcerative White Spot* (UWS) yang mempengaruhi *Porites* spp. Dan beberapa genera karang lain sejauh ini belum diketahui. Penelitian yang dilakukan oleh Raymundo et al. (2003) pada 10 terumbu di wilayah perairan Central Visaya, Filipina menunjukkan bahwa prevalensi dari UWS pada spesies-spesies karang Poritidae sangat tinggi dan 80% dari terumbu yang disurvei terdapat koloni yang terinfeksi. Tingginya frekuensi terjadinya infeksi pada spesies-spesies karang Poritidae membuat karang tersebut mungkin menjadi rentan terhadap penyakit UWS. Meningkatnya suhu perairan memainkan peran dalam proses infeksi penyakit karena tingginya temperatur perairan dapat menyebabkan stress fisiologis yang menurunkan imun karang atau *bleaching* sehingga akan memberikan keuntungan bagi patogen tertentu.

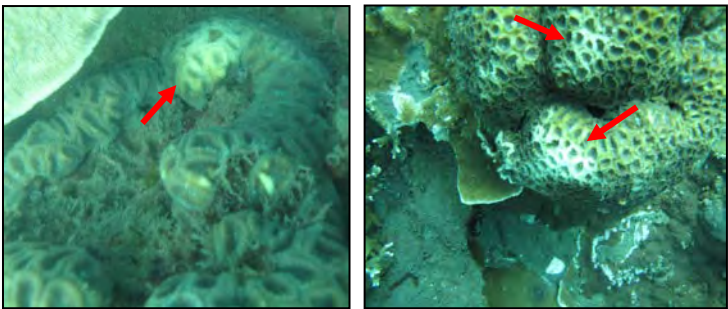


Gambar 4.12 Karang *Porites* yang Terinfeksi *White Plague* (WP).

Jenis penyakit kedua yang banyak menginfeksi karang adalah White Plague (WP). Pada karang yang terinfeksi WP akan terlihat suatu lesi focal berwarna putih dimana antara jaringan yang mengalami lesi dengan jaringan karang yang masih hidup terdapat perbedaan yang sangat jelas. Menurut Roder *et al.* (2014) infeksi karang oleh WP akan memperlihatkan suatu jaringan putih dengan garis terang yang memisahkan bagian hidup yang berwarna dari skeleton yang kosong. Penyakit WP dibagi menjadi 3. Pembagian tipe ini didasarkan pada progres hilangnya jaringan (laju infeksi) pada karang. Pada karang yang terinfeksi penyakit ini ditemukan famili bakteri patogen seperti *Pseudomonaceae* dan *Rhodobacteraceae*. Tidak menutup kemungkinan penyakit White Plague juga dapat disebabkan oleh bakteri *Aurantimonas coralicida* seperti yang teridentifikasi menjadi penyebab penyakit WP tipe II (Sutherland *et al.* (2004); Soffer *et al.* (2013); Remily *et al.* (2006)).

Hasil pengukuran suhu yang dilakukan pada saat pengamatan menunjukkan bahwa suhu perairan berada pada kisaran 31-33°C dimana seperti yang telah diketahui, semakin tinggi suhu perairan akan meningkatkan kerentanan karang terhadap penyakit. Bakteri patogen seperti *A. coralicida* tumbuh optimal pada suhu 30-35°C, suhu yang secara fisiologis dapat menimbulkan stress pada karang. Bakteri ini juga memproduksi dan mengeluarkan  $\text{NH}_3$  yang menjadi mekanisme patogen untuk menginfeksi karang. Produksi  $\text{NH}_3$  akan meningkatkan pH pada *surface mucopolysaccharide layer* (SML) karang sehingga akan mempercepat pertumbuhan patogen karena bakteri *A. coralicida* mampu tumbuh pada rentang pH antara 6-9 (Remily *et al.*, 2006).

Penyakit *White Syndrome* yang menyerang karang menunjukkan tanda-tanda munculnya pemutihan yang berasal dari dasar koloni. Batas dari tepi lesi tidak kabur (*diffuse*).



Gambar 4.13 Karang yang Terinfeksi *White Syndrome*

Pemutihan yang terjadi pada karang cukup lebar. *White Syndrome* dilaporkan telah meyerang setidaknya 17 spesies dari 4 famili yang meliputi *Acroporidae*, *Pocilloporidae* dan *Faviidae* (Selig, 2008). Beberapa spesies *vibrio* seringkali dianggap sebagai agen penyebab penyakit WS dan yang sering diidentifikasi adalah bakteri *Vibrio harveyi*. Ciliata juga dilaporkan memiliki kaitan dengan patologi WS (Sweet *et al.*, 2012).

Tabel 4.4 Rekapitulasi Genera Karang dan Jenis Penyakit

No	Lokasi	Genera	Jumlah Koloni					Total
			UWS	Wsyn	WP	WPC	Sehat	
1	WI	<i>Porites</i>	10	0	4	0	207	221
2	DT	<i>Diploastrea</i>	0	0	1	0	0	1
		<i>Porites</i>	14	0	4	0	175	193
3	DB	<i>Diploastrea</i>	0	0	1	0	0	1
		<i>Favia</i>	1	0	0	0	0	1
		<i>Porites</i>	9	2	5	0	26	42
		<i>Goniastrea</i>	1	0	0	0	0	1
		<i>Platygyra</i>	1	1	0	0	1	3
		<i>Montastrea</i>	0	2	0	0	3	5

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pengamatan prevalensi penyakit *White Syndrome* yang dilakukan di perairan PLTU Paiton dapat disimpulkan bahwa lokasi *Water Intake* memiliki prevalensi sebesar  $6.44 \pm 3.6$  %, lokasi *Water Discharge* Timur sebesar  $13.53 \pm 11.5$  % dan lokasi *Water Discharge* Barat sebesar  $40.49 \pm 2.12$  % sekaligus menjadi lokasi dengan nilai prevalensi tertinggi. Terdapat perbedaan prevalensi yang signifikan di ketiga lokasi pengamatan dimana lokasi yang berbeda adalah lokasi DB sehingga diasumsikan bahwa tingkat prevalensi *White Syndrome* mungkin memiliki korelasi dengan suhu. Terdapat 3 jenis penyakit *White Syndrome* yang ditemukan di perairan PLTU Paiton adalah *Ulcerative White Spot* (UWS), *White Syndrome* (WSyn) dan *White Plague* (WP). Penyakit yang paling banyak ditemukan pada masing-masing lokasi pengamatan adalah UWS yang umumnya menginfeksi karang *Porites* (famili Poritidae).

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai mikroba penyebab penyakit sehingga dapat diperoleh informasi yang lebih mendalam tentang penyakit *White Syndrome* di perairan PLTU Paiton.
2. Perlu dilakukan monitoring pada musim yang berbeda agar diketahui apakah musim juga turut mempengaruhi prevalensi penyakit *White Syndrome*.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan memperluas cakupan area studi dengan variasi suhu yang berbeda untuk mengetahui sejauh mana dampak operasional PLTU terhadap prevalensi penyakit karang.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## DAFTAR PUSTAKA

Affandi, J., Thamrin dan I. Nurrachmi. Densitas Zooxanthella pada Karang Acropora sp. di Pulau Sironjong Gadang Kabupaten Pesisir Selatan Provinsi Sumatera Barat. **JOMFAPERIKA**. Diakses dari <http://jom.unri.ac.id/> pada tanggal 20 Juni 2015.

Ainsworth, T.D., E. Kramasky-Winter, L. Loya, O. Hoegh-Guldberg and M. Fine. 2007. Coral Disease Diagnostics: What's between a Plague and a Band?. **Applied and Environmental Microbiology** Vol. 73, No.3 p. 981-992.

Al Horani, F.A., S.M. Al-Moghrabi, and D. de Beer. The Mechanism of Calcification and Its Relation to Photosynthesis and Respiration in The Scleractinian Coral *Galaxea fascicularis*. **Marine Biology** 142: 419-426

Ateweberhan, M., D.A. Feary, S. Keshavmurthy, A. Chen, M.H. Schleyer and C.R.C. Sheppard. Climate Change Impacts on Coral Reefs: Synergies with Local Effects, Possibilities for Acclimatitation, and Management Implications. **Mar. Pollut. Bull.** (2013). Available at <http://dx.xoi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.06.011>

Bauman, A.G., M.S. Pratchett, A.H. Baird, B. Riegl, S.F. Heron, D.A. Feary. 2013. Variation in the Size Structure of Corals is Related to Environmental Extremes in the Persian Gulf. **Marine Environmental Research** 84 (2013) 43-50

Bell, P.R.F., I. Elmetri and B.F. Lapointe. 2013. **Evidence of Large-Scale Chronic Eutrophication in the Great Barrier Reef: Quantification of Chlorophyll a Thresholds for Sustaining Coral Reef Communities**. Springer.

Bourne, D.G., T.D. Ainsworth, F.J. Pollock and B.L. Willis. 2014. Towards A Better Understanding of White Syndromes and Their Causes on Indo-Pacific Coral Reefs. **Perspective**. Springer.

Bruno, J.F., E.R. Selig, K.S. Casey, C.A. Page, B.L. Willis, C.D. Harvell, H. Sweatman dan A.M. Melendy. 2007. Thermal Stress and Coral Cover as Drivers of Coral Disease Outbreaks. **PLoS Biol** 5(6): e124

Burge, C.A., C.M. Eakin, C.S. Friedman, B. Froelich, P.K. Hershberger, E.E. Hofmann, L.E. Peters, K.C. Prager, E. Weil, B.L. Willis, S.E. Ford and C.D. Harvell. 2014. Climate Change Influences on Marine Infectious Disease: Implications for Management and Society. **Annual Reviews of Marine Science** 6:1.1-129

Cahyana, C. 2011. Model Sebaran Panas Air Kanal Pendingin Instalasi Pembangkit Listrik ke Badan Air Laut. **Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah IX** ISSN 1410-6086. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN. Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Castro, P and M.E. Huber. 2003. **Marine Biology Fourth Edition**. The McGraw-Hill Companies.

Chappel, J. 1980. Coral Morphology, Diversity, and Reef Growth. *Nature* 286: 249-252

Dalton, S.J., S. Godwin, S.D.A. Smith and L. Peregrine. Australian Subtropical White Syndrome: a Transmissible Temperature-dependent Coral Disease. **Marine and Freshwater Research**, 2010, 61, 342-350

Dubinsky, Z., and N. Stambler. 2011. **Coral Reefs: An Ecosystem in Transition**. Springer.

Effendi, R. 2003. **Penelaah Kualitas Air**. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Effendi, F.W., dan Aunurohim. 2013. Densitas Zooxanthellae dan Pertumbuhan Karang *Acropora Formosa* dan *Acropora nobilis* di Perairan Pembangkit Lisrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. **Skripsi**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

English, S., C. Wilkinson and V. Baker. 1994. **Survey Manual for Tropical Marine Resources**.

Green, D.H., P.J. Edmunds and R.C. Carpenter. 2008. Increasing Relative abundance of *Porites astreoides* on Caribbean Reefs Mediated by an Overall Decline in Coral Cover. **Marine Ecology Progress Series** Vol. 359: 1-10

Gulko, D. 1999. **Hawaiian Coral Reef Ecology**. Mutual Publishing Honolulu.

Harvell, D., E. Jordan-Dahlgren, S. Merkel, E. Rosenberg, L. Raymundo, G. Smith, E. Weil and B. Willis. 2007. Coral Disease, Environmental Drivers and The Balance Between Coral and Microbial Associates. **Oceanography** Vol.20 No.1

Haapkylä, J., R.K.F. Unsworth, A.S. Seymour, J. Melbourne-Thomas, M. Flavell, B.L. Willis and D.J. Smith. 2009. Spatio-temporal Coral Disease Dynamics in The Wakatobi Marine National Park, South-East Sulawesi, Indonesia. **Disease of Aquatic Organisms** Vol.87: 105-115

Haapkylä, J., J. Melbourne-Thomas, M. Favell dan B.L. Willis. 2010. *Spatiotemporal Patterns of Coral Disease Prevalence on Heron Island, Great Barrier Reef, Australia*. **Springer**

Heron, S.F., J. Maynard, B. Willis, T. Christensen, D. Harvell, B. Vargas-Angel, R. Beeden, J. Sziklay, G. Aeby, E.C. Franklin, W. Skirving, C.M. Eakin, T. Burgess, J. Li, G. Liu, E. Lucas, J. Rauenzahn, A. Strong. 2012. Developments in Understanding Relationships Between Environmental Conditions and Coral Disease. **Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium**, Cairns, Australia, 9-12 July 2012.

Hopley, D. 2011. **Encyclopedia of Modern Coral Reefs: Structure, Form and Process**. Springer

Huboyo, H.S dan B. Zaman. 2007. Analisis Sebaran Temperatur dan Salinitas Air Limbah PLTU-PLTGU Berdasarkan Sistem Pemetaan Spasial (Studi Kasus: PLTU-PLTGU Tambak Lorok Semarang). **Jurnal Presipitasi** Vol. 3 No.2 ISSN 1907-187X.

Hutomo, M., dan O.H Arinardi. 1992. Dampak Pembangkit Tenaga Listrik (Terutama Limbah Termal) terhadap Ekosistem Akuatik. **Oseana** Volume XVII Nomor 4: 135-158

Ismayati, Q., M. Helmi dan B. Rochaddi. 2013. Kajian Spasial Suhu Permukaan Laut Akibat Air Bahang PLTU Peiton Menggunakan Saluran Termal Satelit Landsat 7/ETM+ di Pantai Bhinor Kabupaten Probolinggo Jawa Timur. **Jurnal Oseanografi** Volume 2, Nomor 1, Tahun 2013. Hal. 49-56.

Jessen, C., J.F.V. Lizcano, T. Bayer, C. Roder, M. Aranda, C. Wild and C.R. Voolstra. 2013. In-situ Effect of Eutrophication and Overfishing on Physiology and Bacterial Diversity of the Red Sea Coral *Acropora hemprichii*. **PLoS ONE** 8(4): e62091.

Kaiser, M.J., M.J. Attrill, S. Jennings, D.N. Thomas, D.K.A. Barnes, A.S. Brierley, J.G. Hiddink, H. Kaartokallio, N.V.C. Polunin and D.G. Raffaelli. **Marine Ecology: Processes, Systems, and Impacts**. New York. Oxford University Press.

Kellogg, C.A., Y.M. Piceno, L.M. Tom, T.Z. DeSantis and M.A. Gray. 2013. Comparing Bacterial Community Composition Between Healthy and White Plague-Like Disease States in *Orbicella annularis* Using PhyloChip™ G3 Microarrays. **PLoS ONE** 8(11): e79801

Liang, M.C.L., B.C.X. Zheng, and T.S. Qi. 2011. Preliminary Investigation on The Factors Affecting the Growth of Coral Reefs in Singapore. Little Green Dot Student Research Grant Project Report.

Lough, J.M and D.J. Barnes. 2000. Environmental Controls on Growth of The Massive Coral Porites. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 245. 225-243.

Muller, E. M., L. J. Raymundo, B. L. Willis, J. Haapkyla, S. Yusuf, J. R. Wilson and D. C. Harvell. 2012. Coral Health and Disease in The Spermonde Archipelago and Wakatobi, Sulawesi. **Journal of Indonesian Coral Reefs** 1(3) (2012) 147-159

Nontji, A. 1999. Coral Reefs of Indonesia : Past, Present and Future. **Prosiding Lok. Pengelolaan & Iptek Terumbu Karang Indonesia Jakarta : 22-23 Nopember 1999 : 17-29.**

Nugues, M.M., and C.M. Roberts. 2003. Partial Mortality in Massive Reef Coral as an Indicator of Sediment Stress on Coral Reefs. **Marine Pollution Bulletin** 46 (2003) 314-323

Nybakken, J. W., 1997. **Marine Biology**. New York : Harper Collins Colege Publichess.

Palmer, C.V., E.S. McGinty, D.J. Cummings, S.M. Smith, E. Bartels dan L.D. Mydlarz. 2011. Patterns of Coral Ecological Immunology: Variation in The Responses of Caribbean Corals to Elevated Temperature and a Pathogen Elicitor. **Journal of Experimental Biology** 214, 4240-4249

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 08 Tahun 2009 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal.

Pollock, F.J., J.B. Lamb, S.N. Field, S.F. Heron, B. Schaffelke, G. Shedrawi, D.G. Bourne and B.L. Willis. 2014. Sediment and Turbidity Associated with Offshore Dredging Increase Coral Disease Prevalence on Nearby Reefs. **PLoS ONE** 9(7): e102498

PT. PJB UP Paiton 1&2. 2014. **Laporan Pemantauan Kondisi Terumbu dan Ikan Karang Perairan Sekitar PLTU Paiton (PT. PJB UP Paiton 1-2)**. Gresik.

Raymundo, J.H.L., C.D. Harvell and T.L. Reynolds. 2003. *Porites* Ulcerative White Spot Disease: Description, Prevalence, and Host Range of a New Coral Disease Affecting Indo-Pacific Reefs. **Disease of Aquatic Organisms** Vol. 56:95-104

Raymundo, L.J., C.S Couch, C.D Harvell. 2008. **Coral Disease Handbook Guidelines for Assessment Monitoring & Management**. The University of Queensland.

Raymundo, J.L., R. Beeden, B.L. Willis, C.A. Page, E. Weil. 2008. **Underwater Cards for Assessing Coral Health on Indo-Pacific Reefs**. GEF Coral

Remily, E.R and L.L. Richardson. 2006. Ecological Physiology of a Coral Pathogen and the Coral Reef Environment. **Microbial Ecology** Vol.51 345-352.

Roder, C., C. Arif, T. Bayer, M. Aranda, C. Daniels, A. Shibl, S. Ghavanich dan C.R. Voolstra. 2014. Bacterial Profiling of White Plague Disease in a Comparative Coral Species Framework. **The ISME Journal** 8 31-39

Rosenberg, E., O. Koren, L. Reshef, R. Efrony and I. Ziber-Rosenberg. 2007. The Role of Microorganisms in Coral Health, Disease and Evolution. **Nature Reviews Microbiology** Vol.5.

Sadarun, B., Riska dan L.M.Y. Haya. 2013. Kelimpahan *Drupella* pada Perairan Terumbu Karang di Pulau Belan-belan Besar Selat Tiworo Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara. **Jurnal Mina Laut Indonesia** Vol. 02 No.5 69-80.

Saptarini, D., and F.K. Muzaki. 2010. Study on Coral Lifeforms and Species that Susceptible to Beaching in PLTU Paiton Water. **Proceeding of JIWECC 2010**. Surabaya, 8<sup>th</sup> – 10<sup>th</sup> August.

Seebauer, J. 2001. Zoology of *Porites cylindrical*: Potential for Use in Reef-rehabilitation Transplantation Efforts. **SUNY Geneseo Journal of Science and Mathematics** 2(1) 26-34

Selig, E.R. 2008. Effects of Changing Temperatures on Coral Reef Health: Implications for Management. **Disertasi**. University of North Carolina. Chapel Hill.

Séré, M.G., P. Chabanet, J. Turquet, J. Quod dan M.H. Schleyer. 2015. Identification and Prevalence of Coral Diseases on Three Western Indian Ocean Coral Reefs. **Disease of Aquatic Organisms** Vol. 114: 249-261

Sheridan, C, E. Kramarsky-Winter, M. Sweet, A. Kushmaro and M.C. Leal. 2013. Disease in Coral Aquaculture: Causes, Implications and Preventions. **Aquaculture** 396-399 124-135.

Siringoringo, R.M. 2007. Pemutihan Karang dan Beberapa Penyakit Karang. **Oseana** Volume XXXII, Nomor 4: 29-37

Simanjuntak, M. 2009. Hubungan Faktor Lingkungan Kimia, Fisika Terhadap Distribusi Plankton di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. **Journal of Fisheries Science XI** (1):31-45

Soffer, N., M.E. Brandt, A.M.S. Correa, T.B. Smith dan R.V. Thurber. 2013. Potential Role of Viruses in White Plague Coral Disease. **The ISME Journal** 1-13

Sokolow, S. 2009. Effects of A Changing Climate on The Dynamics of Coral Infectious Disease : A Review of the Evidence. **Diseases of Aquatic Organisms** Vol. 87:5-18, 2009.

Spellman, F.R. 2008. **The Science of Water: Concepts and Applications Second Edition**. Florida: Taylor & Francis Group, LLC.

Suharsono, 2004. **Jenis-jenis Karang yang Umum Dijumpai di Perairan Indonesia**. Jakarta : Puslitbang Oseanologi LIPI

Sussman, M., B.L. Willis, S. Victor, and D.G. Bourne. 2008. Coral Pathogens Identified for White Syndrome (WS) Epizootics in the Indo-Pacific. **PLoS ONE** 3(6) e2393.

Sutherland, K.P., J.W. Porter and C. Torres. 2004. Disease and Immunity in Caribbean and Indo-Pacific Zooxanthellate Corals. **Marine Ecology Progress Series** Vol. 116:273-302.

Sweet, M. dan J. Bythell. 2012. Ciliate and Bacterial Communities Associated with White Syndrome and Brown Band Disease in Reef-building Corals. **Environmental Microbiology**, 14, 2184-2199



Tim Implementasi PKPP. 2012. **Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia** [<http://pkpp.ristek.go.id/index.php/penelitian/detail/21>] <10 Maret 2015>

Tuhumena, J.R., J.D. Kusen, C.P. Paruntu. 2013. Struktur Komunitas Karang dan Biota Asosiasi Pada Kawasan Terumbu Karang di Perairan Desa Minanga Kecamatan Malalayang II dan Desa Mokupa Kecamatan Tombariri. **Jurnal Pesisir dan Laut Tropis** Volume 3 Nomor 1.

Veron, J.E.N. 1998. Corals of Australia and The Indo-Pacific. University of Hawaii Press

Veron, J.E.N. 2000. **Corals of The World**. Queensland. Australian Institute of Marine Science

Van der Merwe, R., T. Röthig, C.R. Voolstra, M.A. Ochsenkühn, S. Lattemann dan G.I Amy. 2014. High Salinity Tolerance of the Red Sea Coral *Fungia granulosa* Under Desalination Concentrate Discharge Conditions: An In Situ Photophysiology Experiment. **Frontiers in Marine Science**. 1:58.

Ward, J.R., K. Kim dan C.D. Harvell. 2007. Temperature Affects Coral Disease Resistance and Pathogen Growth. **Marine Ecology Progress Series**. Vol.329: 115-121

Weil, E., A. Irikawa, B. Casareto and Y. Suzuki. 2012. Extended Geographic Distribution of Several Indo-Pacific Coral Reef Diseases. **Disease of Aquatic Organisms** Vol.98: 163-170.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## Lampiran 1: Tabel Penutupan Karang

Tabel 1. Penutupan Karang *Water Intake*

Kategori Life form	Jarak (m)	Penutupan (%)	Total penutupan karang hidup (m)	Penutupan karang hidup (%)
<b>ACB</b>	<b>70</b>	<b>0.875</b>	<b>6860</b>	<b>85.75</b>
<b>CE</b>	<b>2326</b>	<b>29.075</b>		
<b>CM</b>	<b>2000</b>	<b>25</b>		
<b>CS</b>	<b>360</b>	<b>4.5</b>		
<b>ACD</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>ACE</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>CB</b>	<b>640</b>	<b>8</b>		
<b>ACT</b>	<b>740</b>	<b>9.25</b>		
<b>CF</b>	<b>724</b>	<b>9.05</b>		
<b>CMR</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
SC	0	0		
DC	0	0		
DCA	150	1.875		
SP	0	0		
S	750	9.375		
R	240	3		
Total	8000	100		

Tabel 2. Penutupan Karang *Water Discharge* Timur

Kategori Life form	Jarak (m)	Penutupan (%)	Total penutupan karang hidup (m)	Penutupan karang hidup (%)
<b>ACB</b>	<b>58</b>	<b>0.7</b>	<b>3264</b>	<b>40.8</b>
<b>CE</b>	<b>95</b>	<b>1.2</b>		
<b>CM</b>	<b>2336</b>	<b>29.2</b>		
<b>CS</b>	<b>191</b>	<b>2.4</b>		
<b>ACD</b>	<b>28</b>	<b>0.4</b>		
<b>ACE</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>CB</b>	<b>33</b>	<b>0.4</b>		
<b>ACT</b>	<b>123</b>	<b>1.5</b>		
<b>CF</b>	<b>366</b>	<b>4.6</b>		
<b>CMR</b>	<b>34</b>	<b>0.4</b>		
SC	100	1.3		
DC	0	0		
DCA	953	11.9		
CA	39	0.5		
SP	0	0.0		
S	1842	23		
R	1802	22.5		
Total	8000	100		

Tabel 3. Penutupan Karang *Water Discharge* Barat

Kategori Life form	Jarak (m)	Penutupan (%)	Total penutupan karang hidup (m)	Penutupan karang hidup (%)
<b>ACB</b>	<b>1670</b>	<b>20.9</b>	<b>4860</b>	<b>60.75</b>
<b>CE</b>	<b>630</b>	<b>7.9</b>		
<b>CM</b>	<b>840</b>	<b>10.5</b>		
<b>CS</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>ACD</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>ACE</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>CB</b>	<b>380</b>	<b>4.8</b>		
<b>ACT</b>	<b>250</b>	<b>3.1</b>		
<b>CHL</b>	<b>40</b>	<b>0.5</b>		
<b>CF</b>	<b>730</b>	<b>9.1</b>		
<b>CMR</b>	<b>320</b>	<b>4.0</b>		
SC	0	0		
DC	0	0		
DCA	600	7.5		
CA	0	0		
SP	0	0		
S	390	4.9		
R	2150	26.9		
Total	8000	100		

## Lampiran 2 : Tabel Komposisi Karang Masif

Tabel 1. Komposisi Karang Masif di Water Intake

Genus Karang	T1	T2	T3	T4
Diploastrea	0	0	0	0
Favia	0	0	0	0
Favites	0	0	0	0
Porites	61	28	90	42
Goniastrea	0	0	0	0
Platygyra	0	0	0	0
Montastrea	0	0	0	0

Tabel 2. Komposisi Karang Masif di Water Discharge Timur

Genus Karang	T1	T2	T3	T4
Diploastrea	1	0	0	0
Favia	0	0	0	0
Favites	3	0	0	0
Porites	22	18	111	42
Goniastrea	0	0	0	0
Platygyra	3	0	0	0
Montastrea	5	0	0	0

Tabel 3. Komposisi Karang Masif Water Discharge Barat

Genus Karang	T1	T2	T3	T4
Diploastrea	1	0	0	0
Favia	1	0	0	0
Favites	3	0	0	0
Porites	10	12	5	15
Goniastrea	0	1	0	0
Platygyra	3	0	0	0
Montastrea	5	0	0	0

Lampiran 3 : Tabel Perbandingan Koloni Sehat dan Terinfeksi

Tabel 1. Perbandingan Koloni Sehat dan Terinfeksi di Water Intake

Genus Karang	Total colony	Infected
Diploastrea	0	0
Favia	0	0
Favites	0	0
Porites	221	14
Goniastrea	0	0
Platygyra	0	0
Montastrea	0	0

Tabel 2. Perbandingan Koloni Sehat dan Terinfeksi di Water Discharge Timur

Genus Karang	Total Colony	Infected
Diploastrea	1	1
Favia	0	0
Favites	3	0
Porites	193	18
Goniastrea	0	0
Platygyra	3	0
Montastrea	5	0

Tabel 3. Perbandingan Koloni Sehat dan Terinfeksi di Water Discharge Barat

Genus Karang	Total colony	Infected
Diploastrea	1	1
Favia	1	1
Favites	3	0
Porites	42	16

Tabel 3. Perbandingan Koloni Sehat dan Terinfeksi di Water Discharge Barat (lanjutan)

Genus Karang	Total colony	Infected
Goniastrea	1	1
Platygyra	3	2
Montastrea	5	2

#### Lampiran 4: Tabel Jenis Penyakit di Lokasi Penelitian

Tabel 1. Jenis Penyakit yang Menyerang Karang Water Intake

Genus Karang	UWS	WSyn	WP	WPC
Diploastrea	0	0	0	0
Favia	0	0	0	0
Favites	0	0	0	0
Porites	10	0	4	0
Goniastrea	0	0	0	0
Platygyra	0	0	0	0
Montastrea	0	0	0	0

Tabel 2. Jenis Penyakit yang Menyerang Karang Water Discharge Timur

Genus Karang	UWS	Wsyn	WP	WPC
Diploastrea	0	0	1	0
Favia	0	0	0	0
Favites	0	0	0	0
Porites	14	0	4	0
Goniastrea	0	0	0	0
Platygyra	0	0	0	0
Montastrea	0	0	0	0



Tabel 3. Jenis Penyakit yang Menyerang Karang Water Discharge Barat

Genus Karang	UWS	Wsyn	WP	WPC
Diploastrea	0	0	1	0
Favia	1	0	0	0
Favites	0	0	0	0
Porites	9	2	5	0
Goniastrea	1	0	0	0
Platygyra	1	1	0	0
Montastrea	0	2	0	0

### Lampiran 5 : Tabel Prevalensi Penyakit White Syndrome di Lokasi Penelitian

Tabel 1. Prevalensi Penyakit White Syndrome Water Intake

Transek	$\Sigma$ Infected Col.	$\Sigma$ Colony	Prevalensi (%)
1	3	61	4.92
2	3	28	10.71
3	7	90	7.78
4	1	42	2.35
Total	14	221	$\bar{X} = 6.44$

Tabel 2. Prevalensi Penyakit White Syndrome Water Discharge Timur

Transek	$\Sigma$ Infected Col.	$\Sigma$ Colony	Prevalensi (%)
1	6	34	17.65
2	5	18	27.78
3	7	111	6.31
4	1	42	2.38
Total	19	205	$\bar{X} = 13.53$

Tabel 3. Prevalensi Penyakit White Syndrome Water Discharge Barat

Transek	$\Sigma$ Infected Col.	$\Sigma$ Colony	Prevalensi (%)
1	10	23	43.48
2	5	13	38.46
3	2	5	40
4	6	15	40
Total	23	56	$\bar{X} = 40.485$

# Lampiran 6 : Hasil Uji ANOVA Prevalensi Penyakit White Syndrome

## Descriptives

Prevalensi

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
DB	4	40.4850	2.12455	1.06227	37.1044	43.8656	38.46	43.48
DT	4	13.5300	11.49620	5.74810	-4.7630	31.8230	2.38	27.78
WI	4	6.4475	3.59733	1.79866	.7234	12.1716	2.38	10.71
Total	12	20.1542	16.59472	4.79048	9.6104	30.6979	2.38	43.48

## Test of Homogeneity of Variances

Prevalensi

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8.570	2	9	.008

**ANOVA**

Prevalensi					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2580.380	2	1290.190	25.870	.000
Within Groups	448.851	9	49.872		
Total	3029.231	11			

**Post Hoc Tests****Homogeneous Subsets****Prevalensi**

Tukey HSD

Lokasi	N	Subset for alpha = 0.05
--------	---	-------------------------

		1	2
WI	4	6.4475	
DT	4	13.5300	
DB	4		40.4850
Sig.		.372	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

### Multiple Comparisons

Prevalensi

Tukey HSD




(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
DB	DT	26.95500 <sup>*</sup>	4.99361	.001	13.0128	40.8972

WI		34.03750 <sup>*</sup>	4.99361	.000	20.0953	47.9797
DT	DB	-26.95500 <sup>*</sup>	4.99361	.001	-40.8972	-13.0128
	WI	7.08250	4.99361	.372	-6.8597	21.0247
WI	DB	-34.03750 <sup>*</sup>	4.99361	.000	-47.9797	-20.0953
	DT	-7.08250	4.99361	.372	-21.0247	6.8597

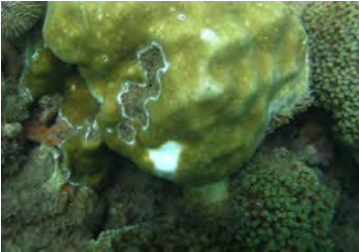
\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian

Gambar	Keterangan
	Peralatan SCUBA
	Pengamatan Penutupan dan Penyakit Karang

	<p>Karang <i>Porites</i> yang terkena penyakit UWS (terdapat bintik-bintik putih di seluruh bagian koloni)</p>
<p>Gambar</p>	<p>Keterangan</p>
	<p>Karang <i>Porites</i> yang terinfeksi UWS</p>
	<p>Karang <i>Montastrea</i> yang terinfeksi <i>White Syndrome</i></p>





Karang *Porites* yang terinfeksi White Plague

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kediri pada tanggal 13 Maret 1993. Penulis memulai pendidikan dasar di SD Hang Tuah 10 Juanda dan kemudian melanjutkan pendidikan jenjang menengah pertamanya di SMPN 3 Sidoarjo. Setelah lulus dari SMP penulis melanjutkan pendidikannya di SMAN 1 Sidoarjo. Awalnya penulis tidak begitu tertarik pada pelajaran yang banyak membutuhkan kemampuan untuk menghafal. Sejak SD hingga SMP penulis lebih tertarik pada bidang yang membutuhkan logika dan lebih banyak perhitungan seperti Matematika. Ketertarikannya pada Biologi dimulai ketika mengambil bidang IPA saat SMA dan didukung dengan kemampuan *diving* yang dimilikinya sejak SD membuat penulis ingin lebih mendalami pengetahuan tentang Biologi khususnya Biologi Kelautan.

Setelah lulus dari SMA penulis kemudian melanjutkan studinya di Jurusan Biologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Ketertarikannya pada biologi kelautan membuat penulis kemudian memilih bidang minat ekologi. Penulis juga pernah menjadi salah satu anggota Surveryor Laboratorium Ekologi dimana penulis dapat memperdalam pengetahuannya mengenai sampling bioekologi. Selama kuliah penulis pernah menjadi asisten praktikum Biologi Laut, Sistematika Hewan dan Perkembangan Tumbuhan. Untuk menyalurkan kegemarannya terhadap kegiatan selam penulis juga pernah bergabung dengan Unit Kegiatan Mahasiswa Olah Raga Air (UKM OR-AIR) ITS sebagai anggota pada divisi Selam.

## DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Struktur Kerangka Kapur dan Bagian Lunak dari Polip Karang ..	6
Gambar 2.2	Bentuk Hidup Karang Masif.....	11
Gambar 2.3	Infeksi pada Karang <i>Oculina patagonica</i> oleh <i>Vibrio shiloi</i> .....	14
Gambar 2.4	Penyakit Sindrom Putih yang Menyerang Karang .....	18
Gambar 2.5	Sistem Pendingin Pembangkit Listrik .....	19
Gambar 2.6	Sebaran Panas Air Bahang PLTU Paiton .....	21
Gambar 3.1	Peta Lokasi Penelitian .....	23
Gambar 4.1	Kondisi Terumbu Karang <i>Water Intake</i> .....	33
Gambar 4.2	Kondisi Terumbu Karang <i>Water Discharge</i> Timur .....	34
Gambar 4.3	Kondisi Terumbu Karang <i>Water Discharge</i> Barat .....	36
Gambar 4.4	Jumlah Koloni Terinfeksi di <i>Water Intake</i> .....	39

Gambar 4.5	Jumlah Koloni Terinfeksi di Water Discharge Timur .....	40
Gambar 4.6	Jumlah Koloni Terinfeksi di Water Discharge Barat .....	41
Gambar 4.7	Bekas Gigitan Ikan pada Karang Porites .....	42
Gambar 4.8	Jenis Penyakit di Water Intake .....	43
Gambar 4.9	Jenis Penyakit di Water Discharge Timur .....	43
Gambar 4.10	Jenis Penyakit di Water Discharge Barat .....	44
Gambar 4.11	Karang <i>Porites</i> yang Terinfeksi <i>Ulcerative White Spot</i> .....	45
Gambar 4.12	Karang Porites yang Terinfeksi <i>White Plague</i> .....	46
Gambar 4.13	Karang Porites yang Terinfeksi <i>White Syndrome</i> .....	48

# Prevalensi White Syndrome pada Karang Masif di Perairan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton, Probolinggo

Aida Efrini Riznawati dan Farid Kamal Muzaki

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh

Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail:* rm\_faridkm@bio.its.ac.id

**Abstrak—** *Pembangkit Listrik Tenaga Uap dalam sistemnya menggunakan air laut sebagai pendingin kondensor sehingga air pendingin akan mengalami kenaikan suhu. Air pendingin bersuhu tinggi yang dilepas ke perairan dapat mempengaruhi biota akuatik di perairan sekitar. Peningkatan suhu dapat menginduksi penyebaran dan laju transmisi penyakit karang. Salah satu penyakit yang menyerang karang adalah White Syndrome (WS) yang merupakan istilah untuk keadaan dimana muncul tanda putih dan diikuti dengan hilangnya jaringan pada karang. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur prevalensi penyakit White Syndrome pada karang masif di perairan sekitar PLTU Paiton.*

*Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei di 3 lokasi pengamatan yaitu Water Discharge Barat (DB), Water Discharge Timur (DT) dan Water Intake (WI). Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi parameter lingkungan, persentase karang hidup dan prevalensi penyakit. Persentase penutupan karang hidup di lokasi WI sebesar 85.75%, lokasi DB sebesar 60.75% dan lokasi DT sebesar 40.8%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa lokasi DB memiliki nilai prevalensi yang paling tinggi dibanding lokasi-lokasi lain yaitu dengan rata-rata  $40.49 \pm 2.12$  % diikuti dengan DT sebesar  $13.53 \pm 1.5$  dan WI sebesar  $6.44 \pm 3.6$ .*

**Kata Kunci—**Karang masif, penyakit karang, prevalensi, White Syndrome

## I. PENDAHULUAN

**P**EMBANGKIT Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan pusat pembangkit listrik yang menggunakan tenaga uap sebagai penggerak utama turbin guna menghasilkan tenaga listrik. Uap yang digunakan berasal dari proses penguapan dengan bantuan ketel uap (boiler) yang kemudian dimasukkan ke dalam kondensor dengan menggunakan air tawar maupun air laut sebagai pendingin. Tugas utama pendingin adalah mengambil kalor dari kondensor sehingga air pendingin akan mengalami kenaikan suhu [1]. Sistem yang sama diterapkan di PLTU Paiton dengan air pendingin yang dilepaskan ke perairan bersuhu relatif tinggi berkisar  $35,5^{\circ}\text{C}$  dan bervolume  $30-40 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan lambat laun akan mempengaruhi lingkungan akuatik [2]. Salah satu kelompok biota akuatik yang keberadaannya dipengaruhi oleh suhu adalah hewan karang. Suhu optimum untuk pertumbuhan karang adalah  $26-27^{\circ}\text{C}$  [3].

Pemantauan karang di Perairan PLTU Paiton yang dilakukan oleh [4] menunjukkan bahwa penutupan karang hidup di sekitar kanal *water discharge* dan kanal *water intake* adalah lebih dari 66% atau berada dalam kondisi yang baik dan terjadi peningkatan setiap tahunnya. Sehingga dapat diasumsikan bahwa air bahang yang bersuhu tinggi dari kanal *water discharge* PLTU Paiton tampaknya tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase tutupan karang hidup.

Akan tetapi, sejauh ini belum diketahui apakah air bahang bersuhu tinggi tersebut berpengaruh terhadap kesehatan karang. Peningkatan suhu diketahui juga dapat menginduksi penyebaran penyakit karang dengan meningkatkan laju transmisi penyakit karang dan juga laju pertumbuhan patogen [5] dimana kebanyakan patogen tumbuh optimal pada suhu  $37^{\circ}$  hingga  $35^{\circ}\text{C}$ . Salah satu jenis penyakit yang menyerang karang adalah *White Syndrome* (WS). Penyakit WS pada umumnya terjadi di wilayah dengan temperatur tinggi dan penutupan karang yang juga tinggi [6]. *White Syndrome* merupakan sebutan untuk keadaan dimana muncul tanda putih dan diikuti dengan hilangnya jaringan pada karang di wilayah Indo-Pasifik [7]. Keadaan yang dimaksud ini meliputi *white band*, *white plague*, *white pox*, nekrosis sebagian dan *shut-down reaction* [8].

Struktur karang berbentuk masif mendapat dampak yang lebih besar dari penyakit karena laju pertumbuhannya yang lambat (sekitar  $1 \text{ cm}/\text{tahun}$ ) [9] dan memiliki waktu hidup yang lebih lama dan lebih tahan terhadap gangguan alam seperti gelombang yang umum terjadi di karang [10]. Sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi pengaruh dari pencemaran air panas PLTU. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian ini untuk mengukur prevalensi penyakit *White Syndrome* pada karang masif diperairan sekitar PLTU Paiton.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di 3 titik pengamatan yaitu di sekitar perairan PLTU Paiton yaitu pada *Water Intake Canal* (WI) dan *Water Discharge Canal* Barat (DB) dan *Water Discharge*

Timur (DT). Perairan sekitar PLTU Paiton diasumsikan sebagai perairan yang terpengaruh oleh keberadaan air bahang.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (diadaptasi dari [maps.google.com](https://maps.google.com))

### B. Tahap Pengambilan Data Parameter Lingkungan

Parameter lingkungan yang diambil meliputi suhu, kecerahan, pH, salinitas dan konsentrasi oksigen terlarut (DO). Suhu diukur dengan menggunakan thermometer merkuri. Suhu yang diukur meliputi suhu permukaan air dan suhu pada kedalaman 5 m. Kecerdahan diukur dengan menggunakan *secchi disk* yang ditenggelamkan pada kolom perairan hingga kedalaman dimana tidak terlihat lagi perbedaan warna dari piringan *Secchi disk*. Parameter pH diukur dengan menggunakan pH meter dengan memasukkan ujung pH meter ke dalam air. Metode pengukuran yang sama juga digunakan untuk mengukur DO dengan menggunakan DO meter digital dimana probe DO meter dimasukkan ke dalam kolom air.

### C. Tahap Pengambilan Data Penutupan Karang Hidup

Pengambilan data penutupan karang hidup dilakukan dengan menggunakan metode *Line Intercept Transect* (LIT) dengan transek sepanjang 20 m dengan pengulangan sebanyak 4 kali di setiap lokasi. Pengambilan data dilakukan dengan cara bergerak di sepanjang transek kemudian dilakukan pencatatan bentuk karang hidup yang dilalui oleh meteran. Bentuk hidup karang (*life form*) diidentifikasi berdasarkan kategori *life form* oleh English et al., (1994). Persentase penutupan karang kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$L (\%) = \frac{Li}{N} \times 100\%$$

Keterangan :

L = Persentase penutupan karang (%)

Li = Panjang *life form* (*intercept* koloni) jenis kategori ke-i

N = Panjang total transek

### D. Pengambilan Data Penyakit Karang

Pengukuran karang yang terinfeksi dilakukan dengan menggunakan metode survei belt transek [11] sepanjang 20 m dan dilakukan pengulangan transek sebanyak 4 kali. Transek dipasang pada kedalaman 5 m. Sepanjang transek dilakukan perhitungan jumlah koloni karang masif yang berasal dari Famili Faviidae dan Famili Poritidae yang sehat dan terserang penyakit sindrom putih (*white syndrome*).

Identifikasi jenis karang dilakukan langsung di lapangan serta dilakukan berdasarkan buku “*Corals of The World*” oleh Veron (2000) dan “*Jenis-jenis Karang di Indonesia*” oleh Suharsono (2004) sedangkan identifikasi penyakit karang dilakukan berdasarkan “*Coral Disease Handbook*” oleh Raymundo et al. (2008)

### E. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif kuantitatif. Prevalensi merupakan proporsi koloni yang terserang penyakit dibanding dengan total koloni. Nilai prevalensi diperkirakan untuk satu unit luas pengamatan. Prevalensi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Prevalensi (P)} = \frac{\sum \text{koloni terinfeksi}}{\sum \text{koloni total}} \times 100\%$$

Nilai prevalensi kemudian dianalisa menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) One Way untuk mengetahui kombinasi pengaruh perbedaan lokasi penelitian terhadap prevalensi penyakit. Pengujian dilakukan pada taraf kepercayaan 95% kemudian dilakukan uji lanjutan menggunakan *Tukey test*.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### A. Gambaran Lokasi Penelitian

Hasil rata-rata pengukuran parameter lingkungan serta batas optimum untuk pertumbuhan karang disajikan dalam Tabel 1 berikut ini :

Pengukuran variabel lingkungan di perairan PLTU Paiton menunjukkan bahwa sebagian besar variabel lingkungan masih berada pada kisaran baku mutu perairan laut yang diatur dalam Kepmen Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 Lampiran III.

Tabel 1.  
Variabel Lingkungan Beserta Baku Mutu untuk Biota Laut

Variabel	Satuan	Lokasi			Baku Mutu	Sumber
		DB	DT	WI		
Suhu permukaan	°C	33	33	31	28-30	Kepmen Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004
Suhu 5m	°C	31	31	30	28-30	
Salinitas	‰	31	31	33	33-34	
Kecerahan	m	6.72	4.7	5.3	>5	
PH	-	8	9	7.3	7-8.5	
DO permukaan	mg/l	12	10.7	9.8	>5	
DO dasar	mg/l	11	9.7	8.5	>5	

Salah satu variabel yang berada diatas kisaran baku mutu adalah suhu. Suhu di wilayah *Water Discharge* Timur dan *Water Discharge* Barat mencapai 33°C dan bila dilakukan rata-rata, suhu di ketiga lokasi penelitian adalah 31,6°C. Suhu dasar perairan berkisar antara 30-31°C. Suhu yang hangat akan berdampak pada ketahanan, pertumbuhan, reproduksi, kesehatan dan fenologi dari organisme laut. Waktu cekaman panas juga berkontribusi terhadap terjadinya pemutihan karang

secara massal dan penyebaran penyakit [12]. Rujukan [13] juga menyebutkan bahwa pada penyakit UWS, perkembangan lesi dan hilangnya jaringan pada suatu karang akan lebih cepat pada temperatur diatas 26°C.

Salinitas di ketiga lokasi seperti yang tertera pada Tabel 1 berada pada kisaran 31-33‰ dengan rata-rata sebesar 31.67‰. Nilai ini berada dibawah kisaran baku mutu, namun masih optimal bagi perkembangan dan pertumbuhan terumbu karang. Menurut rujukan [14], kisaran normal salinitas perairan laut untuk perkembangan dan pertumbuhan terumbu karang secara optimal adalah 30-33 ppt tetapi daya tahan setiap jenis hewan karang berbeda. Ketika salinitas dibawah minimum atau maksimum tingkat salinitas normal terkadang masih ditemukan hewan karang yang mampu bertahan hidup. Perubahan salinitas secara alamiah dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain curah hujan, pengaliran air tawar ke laut secara langsung maupun lewat sungai dan gletser, penguapan dan arus laut [15]. Perubahan salinitas dapat memengaruhi metabolisme dan/atau fotofisiologi dari hewan karang melalui cekaman salinitas pada alga simbiosis karang [16].

Tingkat kecerahan di ketiga perairan cukup baik yaitu berkisar antara 4.7 hingga 6.72 meter dimana tingkat kecerahan optimal sesuai dengan baku mutu Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 untuk Biota Laut adalah lebih dari 5 meter. Tingkat kecerahan tertinggi yaitu sebesar 6.72 meter terletak pada *water discharge* barat sedangkan kecerahan terendah terdapat di *water discharge* timur yaitu sebesar 4.7 meter. Kecenderungan berhubungan dengan jumlah cahaya yang masuk ke dalam perairan. Perairan yang jernih memungkinkan penetrasi cahaya sampai pada lapisan yang lebih dalam. Karang sebagian besar hidup dengan subur pada kedalaman 20 m dan keanekaragaman spesies dan pertumbuhan yang baik ditemukan pada kedalaman antara 3 sampai 10 m [17]. Salah satu faktor yang menyebabkan berkurangnya kecerahan adalah kekeruhan perairan. Rujukan [18] menyebutkan bahwa kekeruhan disebabkan oleh bahan organik/anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Kekeruhan akibat sedimentasi dapat menjadi suatu mekanisme transmisi patogen karang dari laut atau substrat daratan ke area dekat karang [19].

Pengukuran variabel pH yang dilakukan di 3 lokasi penelitian menunjukkan pH berada pada kisaran 7.3-9. Sesuai dengan Kepmen LH No.51 Tahun 2004, pH perairan yang sesuai dengan baku mutu adalah berada pada kisaran 7-8.5. Dampak dari pengasaman lautan pada penyakit karang belum terlalu diketahui tetapi diperkirakan faktor ini memainkan peran penting pada perkembangan komunitas karang dengan meningkatkan stress pada karang melalui interaksi dengan faktor stress lainnya [20].

Tingkat oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) yang diukur pada lokasi penelitian memiliki rentang antara 9.8-12 mg/L di permukaan dan 8.5-11 mg/L di kedalaman 5 m. Oksigen terlarut di kedalaman 5 meter lebih rendah. Kadar oksigen terlarut di suatu perairan akan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman [21].

## B. Tahap Pengambilan Data Penutupan Karang Hidup

Hasil pengukuran penutupan karang hidup tertera pada Tabel 2.

Tabel 2.  
Penutupan Karang Hidup

Lokasi	Penutupan Karang Hidup (%)	Kategori (Kepmen LH No.4 Tahun 2001)
Water Intake	85.75	Baik Sekali
Water Discharge Timur	40.8	Sedang
Water Discharge Barat	60.75	Baik

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa lokasi dengan penutupan karang tertinggi adalah lokasi *Water Intake* dengan persentase penutupan karang hidup sebesar 85.75% (kondisi sangat baik). Persentase penutupan karang hidup di lokasi *Water Discharge* Timur dan *Water Discharge* Barat berbeda meskipun lokasi keduanya berdekatan. Persentase tutupan di *Water Discharge* Barat sebesar 60.75% (kondisi baik) sedangkan di *Water Discharge* Timur sebesar 40.8% (kondisi sedang). Perairan *Water Discharge* memiliki penutupan karang hidup yang memiliki kondisi dari kisaran sedang hingga baik. Lokasi DB memiliki persentase penutupan karang hidup yang lebih tinggi, hal ini dapat terjadi karena berdasarkan hasil pengukuran, beberapa variabel lingkungan di lokasi *Water Discharge* Barat berada pada nilai yang mendekati optimal untuk mendukung pertumbuhan karang. Kecenderungan di lokasi DB lebih tinggi dibanding lokasi DT. Kecenderungan berpengaruh terhadap proses fotosintesis alga simbiosis (*zooxanthellae*) pada karang. Dengan adanya fotosintesis tersebut, maka karang dapat mendeposit kerangka kapur 2 hingga 3 kali lebih cepat dibanding saat kondisi gelap. Sehingga cahaya mempercepat laju kalsifikasi [22].

Tidak hanya cahaya, konsentrasi oksigen terlarut juga mempengaruhi pertumbuhan karang. Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi DO di lokasi DB (12) lebih tinggi dari lokasi DT (10,7). Karang dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen terlarut sebagai hewan laut karang juga membutuhkan oksigen untuk melakukan respirasi [27]. Perbedaan pada kedua faktor lingkungan ini yang mungkin memberikan perbedaan persentase penutupan karang hidup di kedua lokasi *Water Discharge*.

## C. Prevalensi Penyakit White Syndrome

Hasil pengamatan prevalensi penyakit *White Syndrome* yang dilakukan di perairan PLTU Paiton menunjukkan bahwa lokasi *Water Discharge* Barat memiliki prevalensi sebesar  $40.49 \pm 2.12$  % sekaligus menjadi lokasi dengan nilai prevalensi tertinggi kemudian diikuti oleh lokasi *Water Discharge* Timur sebesar  $13.53 \pm 11.5$  %. Lokasi *Water Intake* memiliki prevalensi yang terendah sebesar  $6.44 \pm 3.6$  % seperti yang tertera pada Tabel 3.

Tabel 3.  
Prevalensi Penyakit *White Syndrome*

Lokasi	Nilai Prevalensi (%)				Rata-rata $\pm$ SD
	R1	R2	R3	R4	
WI	4.92	10.71	7.78	2.35	6.44 $\pm$ 3.6 <sup>a</sup>
DT	17.65	27.78	6.31	2.38	13.53 $\pm$ 11.5 <sup>a</sup>
DB	43.48	38.46	40	40	40.49 $\pm$ 2.12 <sup>b</sup>

Keterangan : angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan berdasarkan uji *Tukey* pada  $p=0,05$

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata prevalensi penyakit di lokasi *Water Discharge* Barat (DB), *Water Discharge* Timur (DT) dan *Water Intake* (WI). Berdasarkan uji lanjutan menggunakan *Tukey Test* diketahui bahwa lokasi yang memiliki perbedaan signifikan pada nilai prevalensi penyakitnya adalah lokasi *Water Discharge* Barat. Berdasarkan pengukuran variabel lingkungan, baik lokasi DB maupun DT memiliki suhu perairan relatif lebih tinggi dibandingkan lokasi lainnya yaitu sebesar 33°C di permukaan dan 31°C di kedalaman 5 m. Suhu tinggi yang berada di luar kisaran normal untuk pertumbuhan karang ini diduga menjadi penyebab tingginya prevalensi di kedua lokasi ini. Namun prevalensi penyakit di lokasi DB memiliki rata-rata yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan lokasi DT padahal keduanya memiliki kisaran suhu yang sama. Hasil pengukuran suhu pada Laporan Pemantauan tahunan yang dilakukan oleh PT.PJB (2014) menunjukkan bahwa selama 4 tahun pengamatan (2010-2014) lokasi DB memiliki suhu yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan lokasi DT yaitu berkisar antara 32-35°C. Suhu yang tinggi akan meningkatkan stress pada karang sebagai inang dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi [28]. Jika ditinjau dari tingkat penutupan karangnya, lokasi DB memiliki penutupan karang yang lebih besar dimana penutupan karang ini berhubungan erat dengan kepadatan inang sebagai vektor penyebaran penyakit. Hal ini sesuai dengan [29] yang menyatakan bahwa tingginya kepadatan inang dapat memiliki dampak pada dinamika penyakit. Hal tersebut berhubungan dengan laju transmisi secara horizontal sehingga akan meningkatkan prevalensi. Laporan Pemantauan Lingkungan PT. PJB pada tahun 2010 menunjukkan bahwa air bahang dengan suhu 33°C memiliki jarak  $\pm 441$  m ke arah barat dan  $\pm 189$  m ke arah timur. Penyebaran suhu ini kemungkinan dipengaruhi oleh keberadaan arus dimana menurut rujukan [25], sirkulasi air laut di perairan Indonesia dipengaruhi oleh sistem angin muson. Pada Bulan Mei sedang terjadi Muson Timur dimana arah arus permukaan bergerak menuju barat yang akhirnya menuju ke Laut Cina Selatan. Hal ini lah yang dimungkinkan menjadi penyebab lokasi DB memiliki nilai prevalensi yang lebih tinggi dari lokasi DT. Menurut rujukan [26] suhu perairan yang menghangat dapat meningkatkan kelimpahan patogen, mengubah virulensi patogen dan mempengaruhi imunitas karang.

#### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan pengamatan prevalensi penyakit *White Syndrome* yang dilakukan di perairan PLTU Paiton dapat disimpulkan bahwa lokasi *Water Intake* memiliki prevalensi sebesar 6.44 $\pm$ 3.6 %, lokasi *Water Discharge* Timur sebesar 13.53 $\pm$ 11.5 % dan lokasi *Water Discharge* Barat sebesar 40.49 $\pm$ 2.12 % sekaligus menjadi lokasi dengan nilai prevalensi tertinggi. Pengujian menggunakan *One Way ANOVA* ( $p = 0.05$ ) menunjukkan terdapat perbedaan prevalensi yang signifikan di ketiga lokasi pengamatan dan lokasi yang berbeda adalah *Water Discharge* Barat hal ini mungkin disebabkan oleh penyebaran suhu panas di perairan sekitar discharge canal cenderung bergerak ke arah barat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan penguji yang telah memberikan kritik dan saran hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga, teman-teman, dan seluruh pihak yang turut membantu selama proses penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Hutomo and O.H. Arinardi, "Dampak Pembangkit Tenaga Listrik (Terutama Limbah Termal) terhadap Ekosistem Akuatik," *Oseana* Volume XVII Nomor 4 (1992) 135-158
- [2] F.W. Effendi and Aunurohlim, "Densitas *Zooxanthellae* dan Pertumbuhan Karang *Acropora Formosa* dan *Acropora nobilis* di Perairan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton, Probolinggo, Jawa Timur," skripsi, Jur. Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2013)
- [3] A.G. Bauman, M.S. Pratchett, A.H. Baird, B. Riegl, S.F. Heron and D.A. Feary, "Variation in the Size Structure of Corals is Related to Environmental Extremes in the Persian Gulf," *Marine Environmental Research* 84 (2013) 43-50.
- [4] D. Saptarini and F.K. Muzaki, "Study on Coral Lifeforms and Species that Susceptible to Bleaching in PLTU Paiton Water," *Proceeding of JIWECC* (2010).
- [5] E.M. Muller, L. J. Raymundo, B. L. Willis, J. Haapkylä, S. Yusuf, J. R. Wilson and D. C. Harvell, "Coral Health and Disease in The Spermonde Archipelago and Wakatobi, Sulawesi," *Journal of Indonesian Coral Reefs* 1(3) (2012) 147-159
- [6] S. Sokolow, "Effects of A Changing Climate on The Dynamics of Coral Infectious Disease : A Review of the Evidence," *Diseases of Aquatic Organisms* Vol. 87:5-18, (2009).
- [7] D. Harvell, E. Jordan-Dahlgren, S. Merkel, E. Rosenberg, L. Raymundo, G. Smith, E. Weil and B. Willis, "Coral Disease, Environmental Drivers and The Balance Between Coral and Microbial Associates," *Oceanography* Vol.20 No.1 (2007).
- [8] S.J. Dalton, S. Godwin, S.D.A. Smith and L. Pereg, "Australian Subtropical White Syndrome: a Transmissible Temperature-dependent Coral Disease," *Marine and Freshwater Research* 61 (2010) 342-350.
- [9] J. Haapkylä, R.K.F. Unsworth, A.S. Seymour, J. Melbourne-Thomas, M. Flavell, B.L. Willis and D.J. Smith, "Spatio-temporal Coral Disease Dynamics in The Wakatobi Marine National Park, South-East Sulawesi, Indonesia," *Disease of Aquatic Organisms* Vol.87 (2009) 105-115.
- [10] M.M. Nugues and C.M. Roberts, "Partial Mortality in Massive Reef Coral as an Indicator of Sediment Stress on Coral Reefs," *Marine Pollution Bulletin* 46 (2003) 314-323.
- [11] L.J. Raymundo, C.S Couch and C.D Harvell, *Coral Disease Handbook Guidelines for Assessment Monitoring & Management*. The University of Queensland (2008).
- [12] C.A. Burge, C.M. Eakin, C.S Friedman, B. Froelich, P.K. Hershberger, E.E Hofmann, L.E . Peters, K.C. Prager, E. Weil, B.L. Willis, S.E. Ford and C.D. Harvell, "Climate Change Influences on Marine Infectious



- Disease: Implications for Management and Society,” *Annual Reviews of Marine Science* 6 (2014) 1.1-129.
- [13] J.H.L. Raymundo, C.D. Harvell and T.L. Reynolds, “*Porites* Ulcerative White Spot Disease: Description, Prevalence, and Host Range of a New Coral Disease Affecting Indo-Pacific Reefs,” *Disease of Aquatic Organisms* Vol. 56 (2003) 95-104.
- [14] Sadarun, B., Riska dan L.M.Y. Haya, “Kelimpahan *Drupella* pada Perairan Terumbu Karang di Pulau Belan-belan Besar Selat Tiworo Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara,” *Jurnal Mina Laut Indonesia* Vol. 02 No.5 (2013) 69-80.
- [15] H.S. Huboyo dan B. Zaman, “Analisis Sebaran Temperatur dan Salinitas Air Limbah PLTU-PLTGU Berdasarkan Sistem Pemetaan Spasial (Studi Kasus: PLTU-PLTGU Tambak Lorok Semarang),” *Jurnal Presipitasi* Vol. 3 No.2 ISSN 1907-187X (2007).
- [16] R. Van der Merwe, T. Röthig, C.R. Voolstra, M.A. Ochsenkühn, S. Lattemann dan G.I Amy, “High Salinity Tolerance of the Red Sea Coral *Fungia granulosa* Under Desalination Concentrate Discharge Conditions: An In Situ Photophysiology Experiment,” *Frontiers in Marine Science* 1 (2014) 58
- [17] J. Affandi, Thamrin dan I. Nurrachmi. 2015, Juni. *Densitas Zooxanthella pada Karang Acropora sp. di Pulau Sironjong Gadang Kabupaten Pesisir Selatan Provinsi Sumatera Barat*. JOMFAPERIKA. Available : <http://jom.unri.ac.id/>
- [18] R. Effendi, “*Penelaah Kualitas Air*,” Yogyakarta: Penerbit Kanisius, (2003).
- [19] F.J. Pollock, F.J., J.B. Lamb, S.N. Field, S.F. Heron, B. Schaffelke, G. Shedrawi, D.G. Bourne and B.L. Willis, “Sediment and Turbidity Associated with Offshore Dredging Increase Coral Disease Prevalence on Neardy Reefs,” *PLoS ONE* 9(7) (2014) e10249.
- [20] M. Ateweberhan, D.A. Feary, S. Keshavmurthy, A. Chen, M.H. Schleyer and C.R.C. Sheppard. 2013. *Climate Change Impacts on Coral Reefs: Synergies with Local Effects, Possibilities for Acclimatitation, and Management Implications*. Marine Pollution Bulletin. Available : <http://dx.xoi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.06.011/>
- [21] M. Simanjuntak, “Hubungan Faktor Lingkungan Kimia, Fisika Terhadap Distribusi Plankton di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung,” *Journal of Fisheries Sciences XI* (1) (2009) 31-45.
- [22] J.E.N. Veron, “*Coral of Australia and The Indo-Pacific*,” University of Hawaii Press (1998).
- [23] J.M Lough and D.J. Barnes, “Environmental Controls on Growth of The Massive Coral *Porites*,” *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 245 (2000) 225-243.
- [24] D. Hopley, “*Encyclopedia of Modern Coral Reefs: Structure, Form and Process*,” Springer (2011).
- [25] Q. Ismayati, M. Helmi dan B. Rochaddi, “Kajian Spasial Suhu Permukaan Laut Akibat Air Bahang PLTU Peiton Menggunakan Saluran Termal Satelit Landsat 7/ETM+ di Pantai Bhinor Kabupaten Probolinggo Jawa Timur,” *Jurnal Oseanografi* Volume 2, Nomor 1 (2013) 49-56
- [26] C.V. Palmer, E.S. McGinty, D.J. Cummings, S.M. Smith, E. Bartels dan L.D. Mydlarz, “Patterns of Coral Ecological Immunology: Variation in The Responses of Carribean Corals to Elevated Temperature and a Pathogen Elicitor,” *Journal of Experimental Biology* 214 (2011) 4240-4249
- [27] Liang, M.C.L., B.C.X. Zheng, and T.S. Qi, “Preliminary Investigation on The Factors Affecting the Growth of Coral Reefs in Singapore,” Little Green Dot Student Research Grant Project Report (2011).
- [28] J.R. Ward, K. Kim dan C.D. Harvell, “Temperature Affects Coral Disease Resistance and Pathogen Growth,” *Marine Ecology Progress Series*. Vol.329: 115-121 (2007)
- [29] J.F. Bruno, J.F., E.R. Selig, K.S. Casey, C.A. Page, B.L. Wilis, C.D. Harvell, H. Sweatman dan A.M. Melendy, “Thermal Stress and Coral Cover as Drivers of Coral Disease Outbreaks,” *PLoS Biol* 5(6): e124 (2007)



# PREVALENSI PENYAKIT WHITE SYNDROME PADA KARANG MASIF DI PERAIRAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) PAITON, PROBOLINGGO

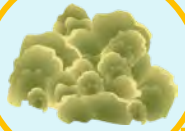
Aida Efrini Riznawati | 1511 100 013

Penguji I : Indah Trisnawati D.T., M.Si., Ph.D

Penguji II : Dr. Nurul Jadid, M.Sc

Penguji III : Farid Kamal Muzaki, S.Si., M.Si

# OUTLINE



PENDAHULUAN



METODOLOGI



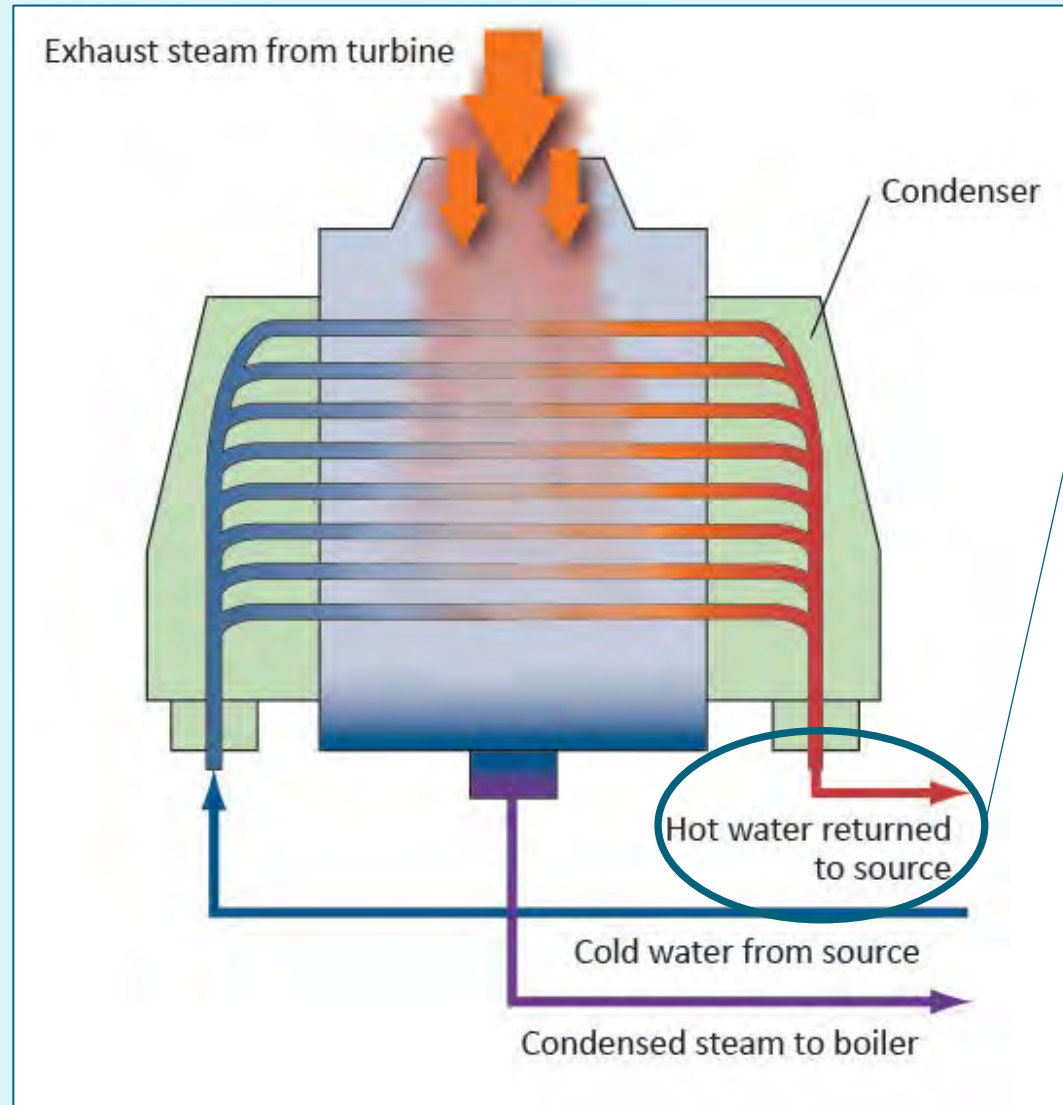
HASIL DAN PEMBAHASAN



KESIMPULAN

# PENDAHULUAN

## L A T A R B E L A K A N G

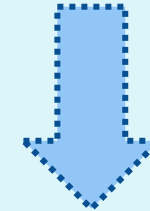


Air pendingin dengan suhu berkisar 35,5°C dan bervolume 30-40 m<sup>3</sup>/detik

Berpengaruh terhadap lingkungan akuatik (Effendi *et al.*, 2013).



Faktor utama  
pengendali  
distribusinya adalah  
suhu (optimum 26-  
27°C



Fluktuasi variabel lingkungan  
akan  
mempengaruhi laju  
pertumbuhan, bentuk hidup dan  
kemampuan reproduksi  
(Bauman *et al.*, 2013).



Persentase penutupan karang hidup di sekitar kanal *water discharge* dan *water intake* > 66% atau berada dalam kondisi yang baik (Muzaki dan Saptarini)

Perairan sekitar PLTU Paiton didominasi oleh karang masam

Water Intake Canal 32.07% (0-10m)  
Water Discharge Canal 31.41% (5-6m)

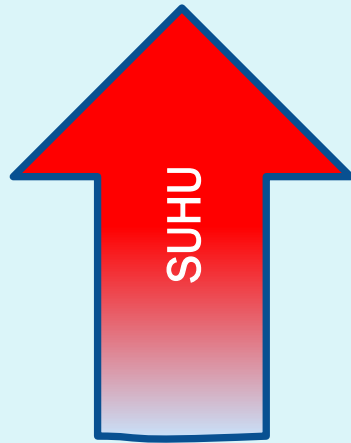
Kesehatan karang ??



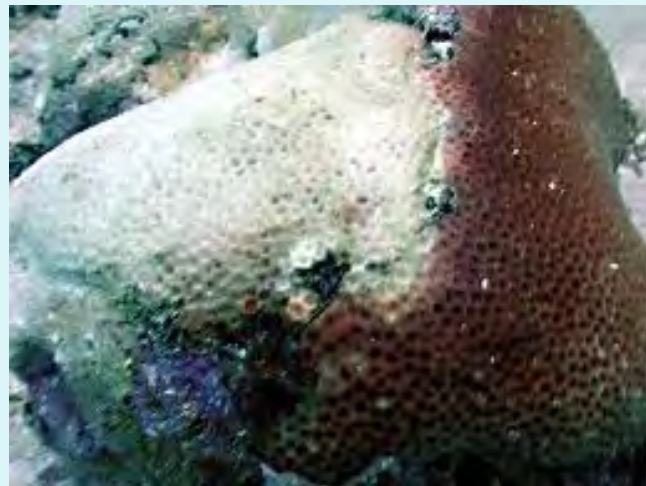
(PT. PJB UP Paiton 1&2, 2014)

Air bahang bersuhu tinggi **tidak memberikan pengaruh yang signifikan** pada persentase tutupan terumbu karang





Menginduksi penyebaran penyakit dengan meningkatkan laju transmisi penyakit karang dan laju pertumbuhan patogen (Muller et al., 2012).



WHITE SYNDROME

Terjadi di wilayah **temperatur tinggi** dan **penutupan karang tinggi** (Sokolow, 2009).

Keadaan muncul **tanda putih** dan diikuti **hilangnya jaringan** pada karang (Willis dalam Harvell et al., 2007).

White band, white plague, white pox, nekrosis, shut down reaction (Dalton et al., 2010).

Seringkali menyerang **karang masif** (Ainsworth et al., 2007)

## RUMUSAN PERMASALAHAN

Bagaimana prevalensi penyakit White Syndrome pada karang masif di perairan sekitar PLTU Paiton

---

## BATASAN MASALAH

- Penyakit karang yang diamati adalah *White Syndrome* yang menyerang karang yang memiliki bentuk hidup masif dari Famili Poritidae dan Faviidae
- Pengukuran prevalensi dilakukan dengan menghitung jumlah koloni yang terinfeksi penyakit dalam suatu total jumlah koloni tersebut pada satu transek pengamatan
- Variabel fisik dan kimia lingkungan yang diukur adalah suhu, kecerahan, pH, salinitas dan DO
- Variabel biotik yang diukur adalah persentase tutupan karang pada transek yang ditentukan



## TUJUAN

Mengukur prevalensi penyakit White Syndrome pada karang masif di perairan sekitar PLTU Paiton

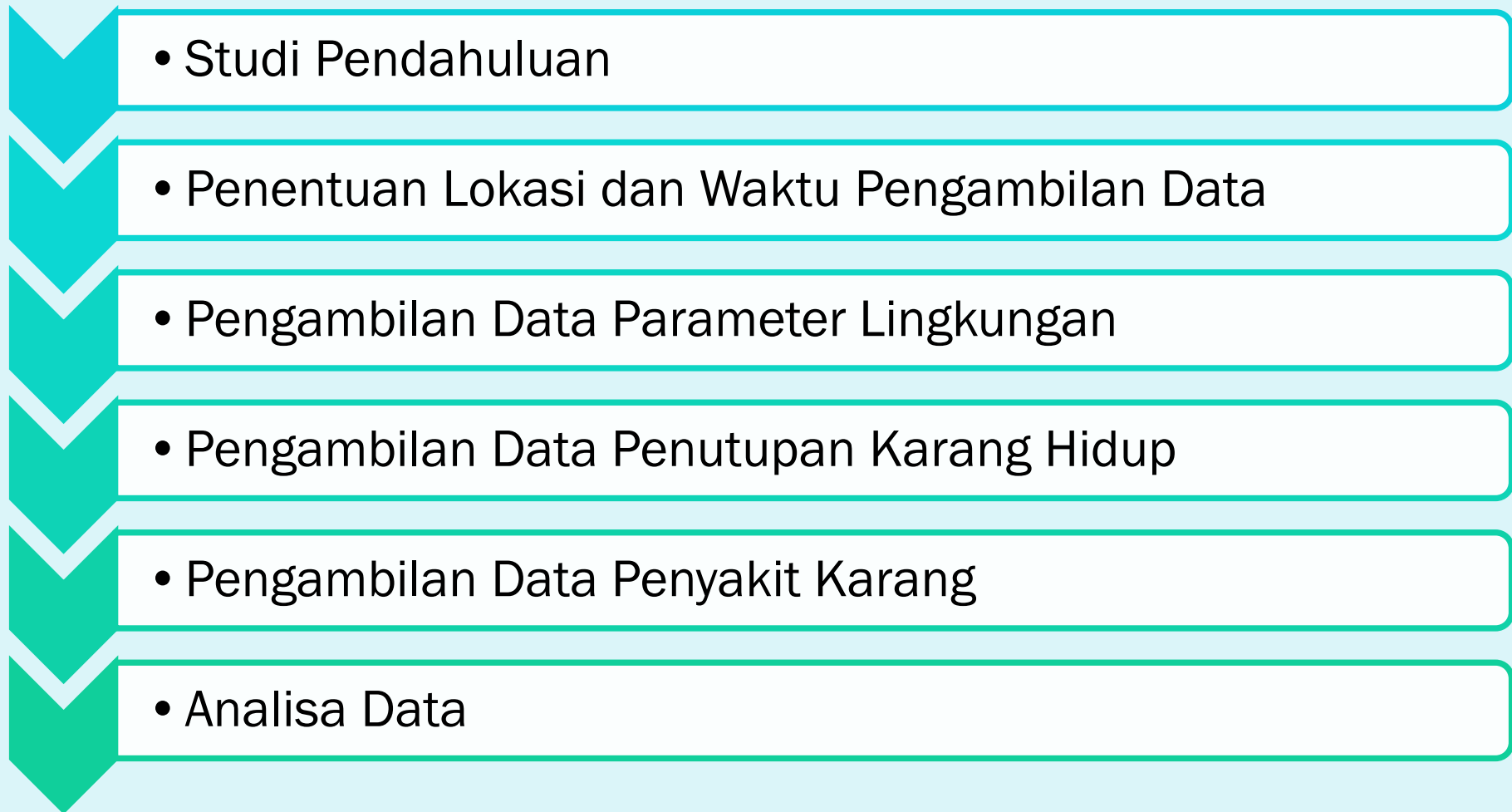
---

## MANFAAT

Hasil penelitian yang diperoleh diharapkan dapat memberikan informasi mengenai penyakit karang yang menyerang komunitas karang di perairan PLTU Paiton sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu pertimbangan dalam pengelolaan maupun pemanfaatan ekosistem terumbu karang



# METODOLOGI



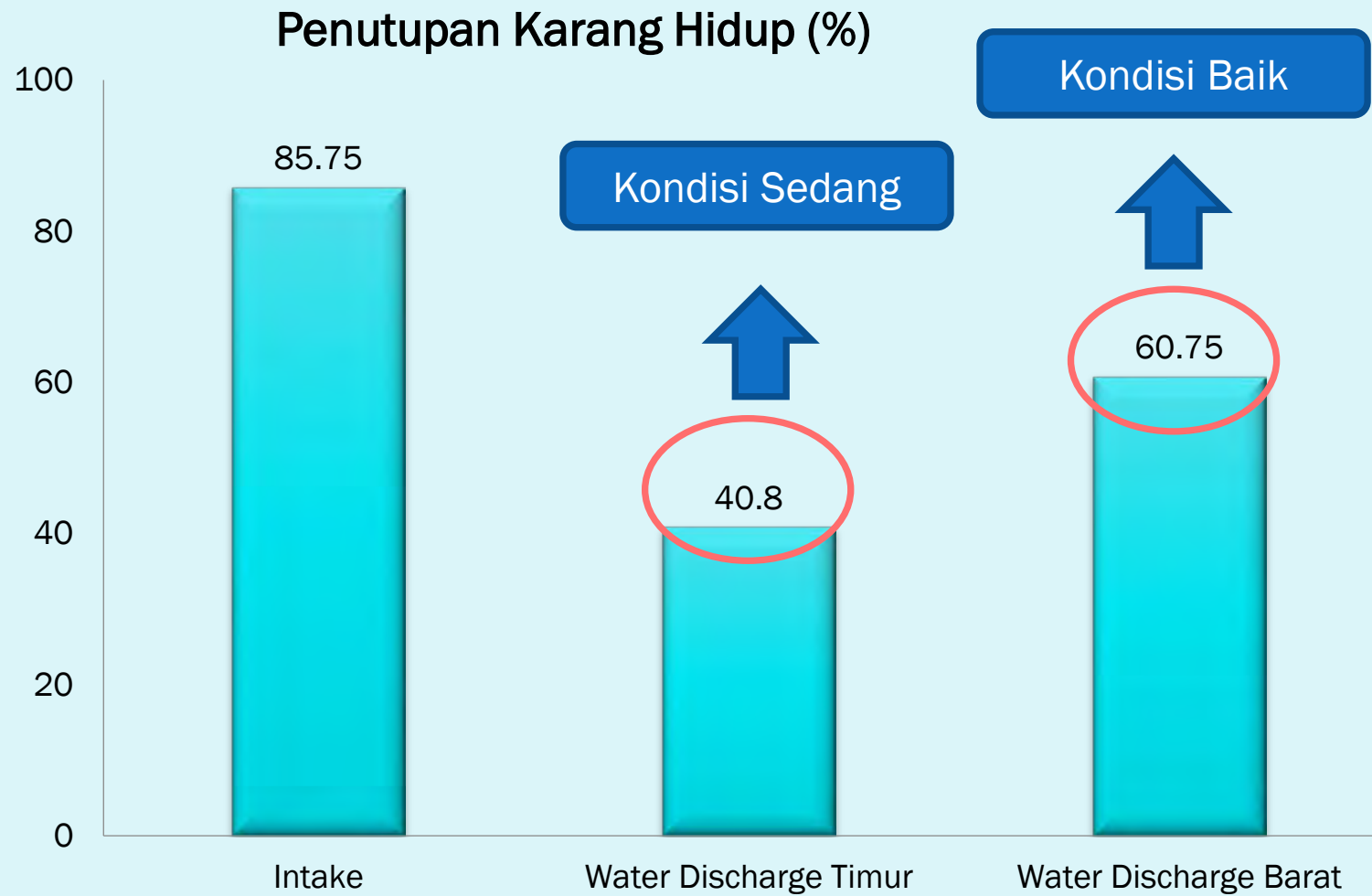


# HASIL DAN PEMBAHASAN

## HASIL PENGUKURAN VARIABEL FISIKA DAN KIMIA PERAIRAN

Variabel	Satuan	Lokasi			Baku Mutu	Sumber
		DB	DT	WI		
Suhu permukaan	°C	33	33	31	28-30	Kepmen Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004
Suhu 5m	°C	31	31	30	28-30	
Salinitas	‰	31	31	33	33-34	
Kecerahan	m	6.72	4.7	5.3	>5	
PH	-	8	9	7.3	7-8.5	
DO permukaan	mg/l	12	10.7	9.8	>5	
DO dasar	mg/l	11	9.7	8.5	>5	

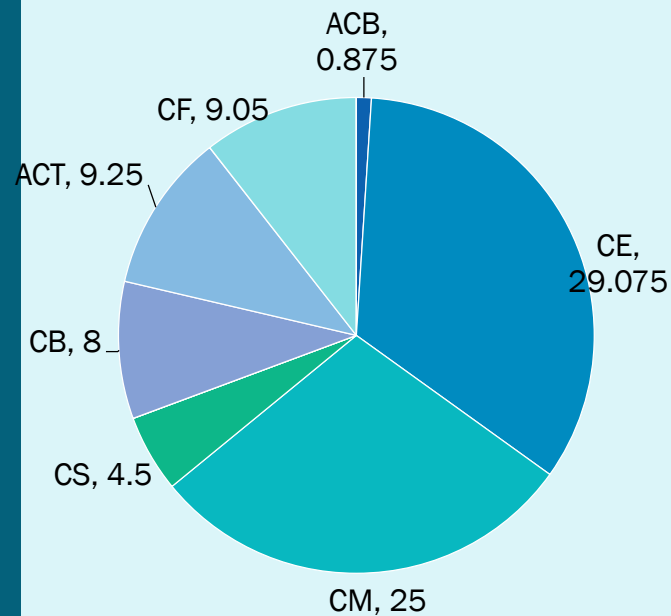
## PENUTUPAN KARANG HIDUP



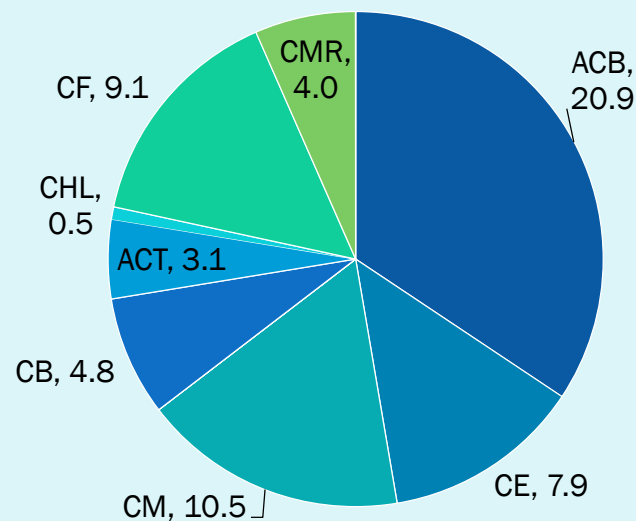


## Proporsi (%) Penutupan Karang Hidup

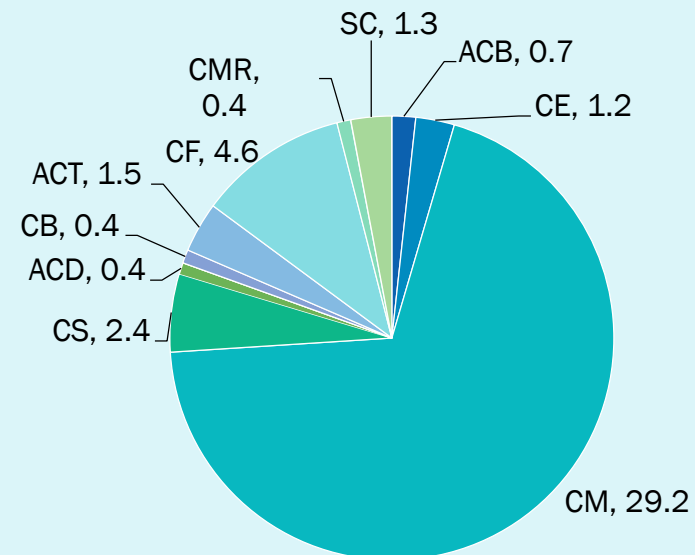
### Water Intake



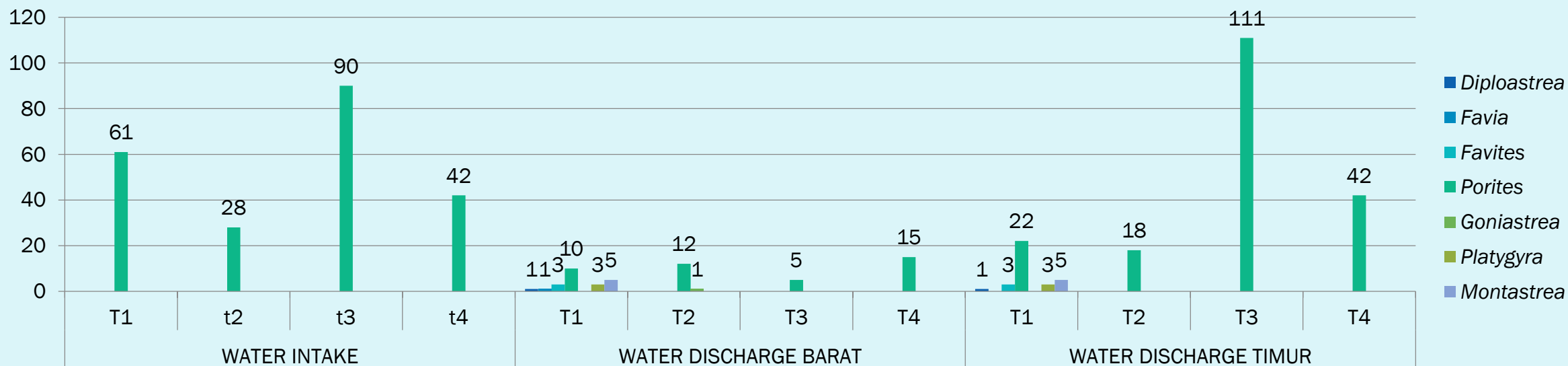
### Water Discharge Barat



### Water Discharge Timur

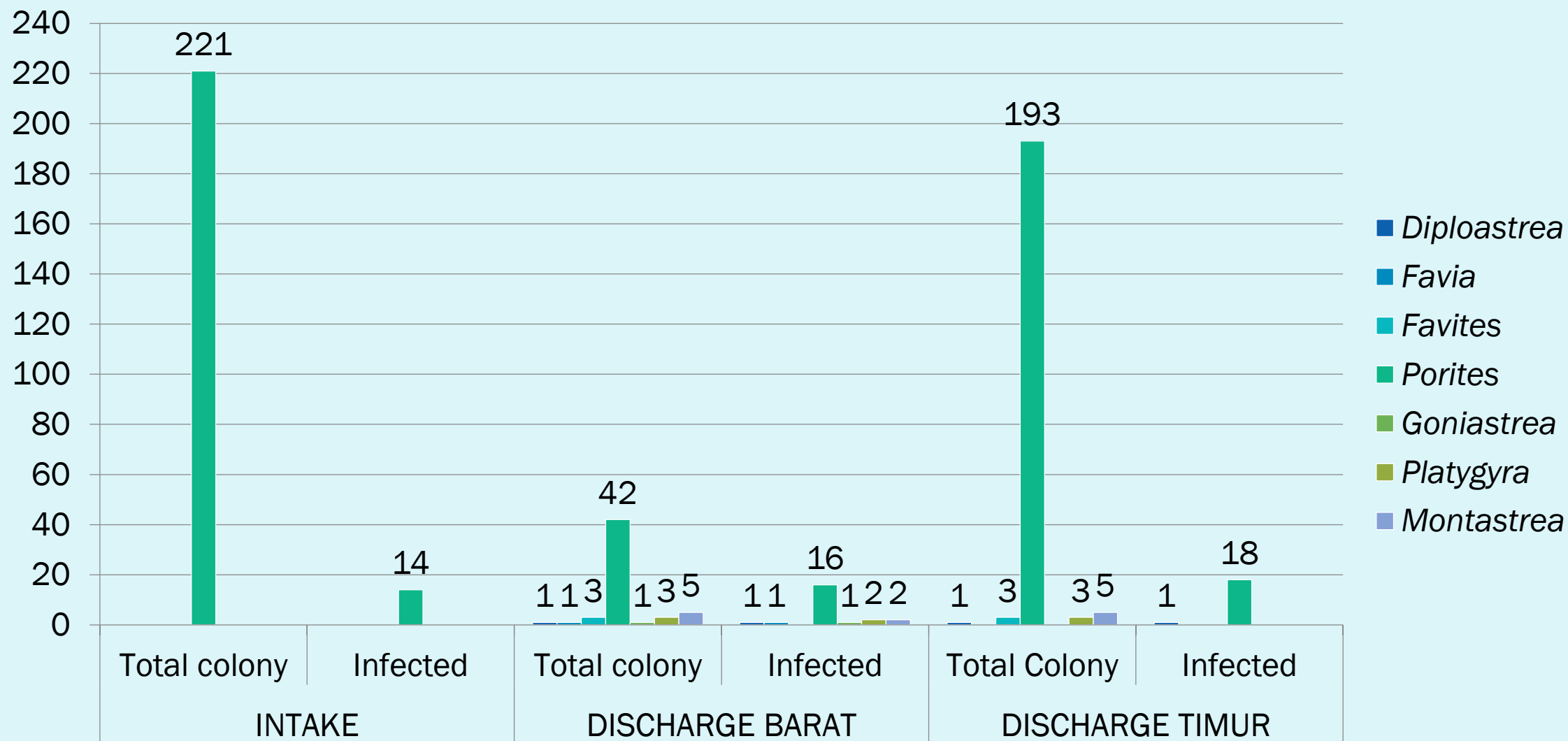


## Komposisi Karang Masif





## TINGKAT INFEKSI PENYAKIT KARANG

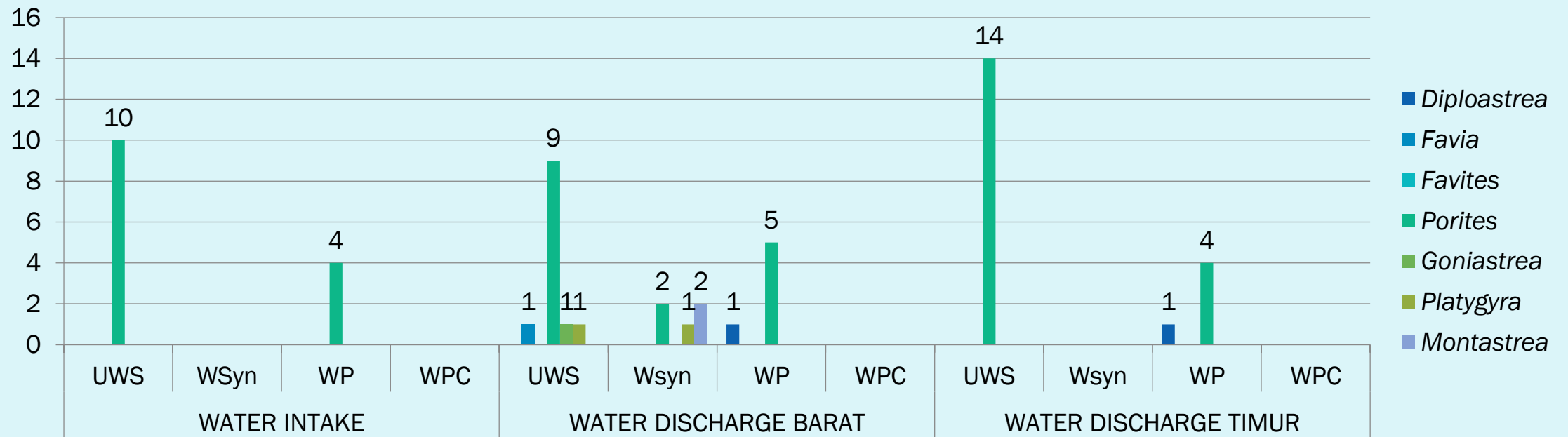




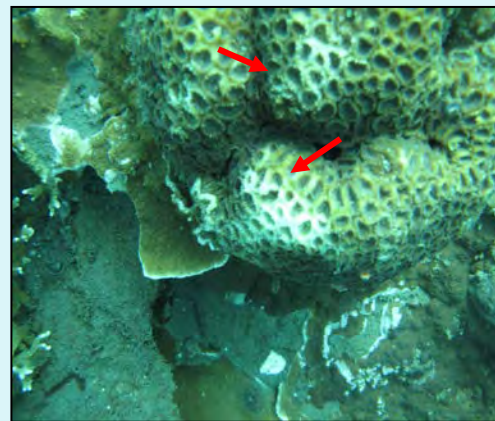
Predasi pada Karang Porites



## JENIS PENYAKIT WHITE SYNDROME YANG MENYERANG KARANG



Karang *Porites* yang terinfeksi White Plague (WP)



Karang *Montastrea* yang terinfeksi White Syndrome (WSyn)

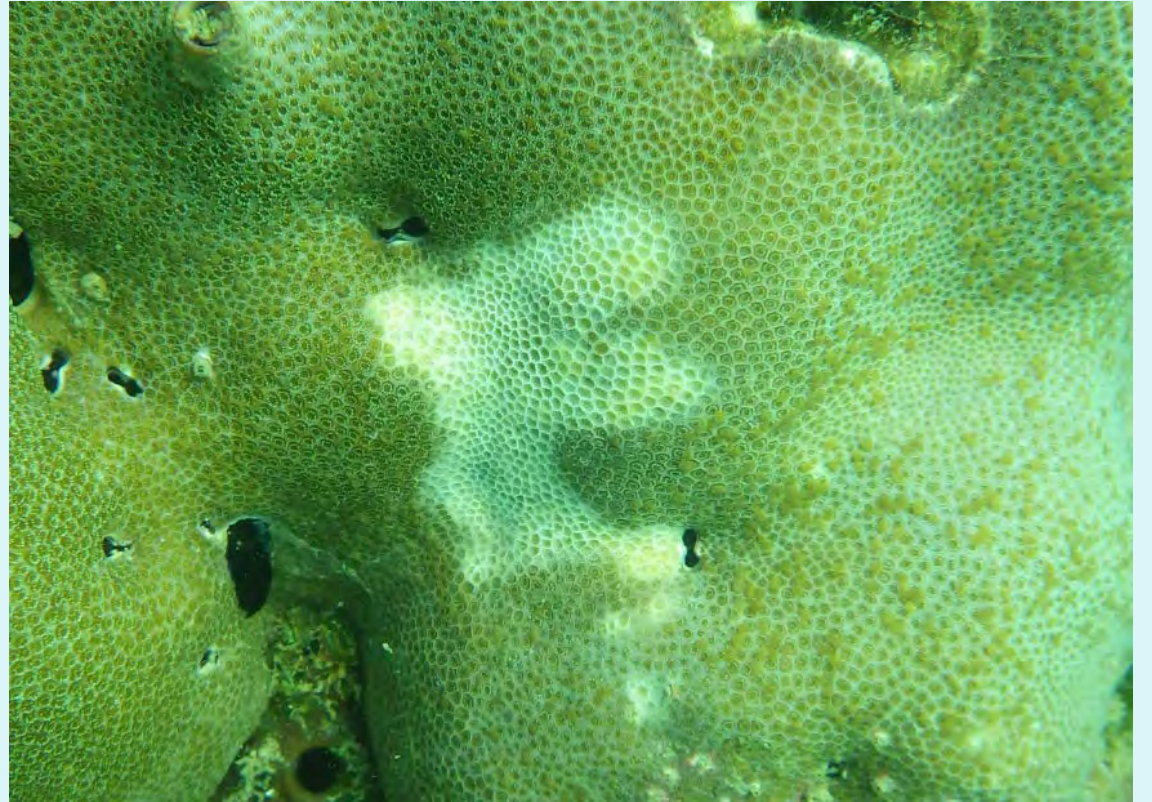


Karang *Porites* yang terinfeksi Ulcerative White Spot (UWS)





Karang *Porites* yang terinfeksi *Ulcerative White Spot* (UWS)



Karang *Porites* yang terinfeksi *White Syndrome* (Wsyn)

## ANALISIS KETERKAITAN FAKTOR LOKASI TERHADAP PREVALENSI PENYAKIT WHITE SYNDROME

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata prevalensi penyakit di lokasi *Water Discharge* Barat (DB), *Water Discharge* Timur (DT) dan *Water Intake* (WI). Berdasarkan uji lanjutan menggunakan *Tukey Test* diketahui bahwa lokasi yang memiliki perbedaan signifikan pada nilai prevalensi penyakitnya adalah lokasi *Water Discharge* Barat.

Lokasi	Nilai Prevalensi (%)				Mean (%)
	R1	R2	R3	R4	
WI	4.92	10.71	7.78	2.35	6.44 ± 3.6 <sup>a</sup>
DT	17.65	27.78	6.31	2.38	13.53 ± 11.5 <sup>a</sup>
DB	43.48	38.46	40	40	40.49 ± 2.12 <sup>b</sup>





(PT. PJB, 2010)

# KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan prevalensi penyakit *White Syndrome* yang dilakukan di perairan PLTU Paiton dapat disimpulkan bahwa :

1. lokasi *Water Intake* memiliki prevalensi sebesar  $6.44 \pm 3.6$  %, lokasi *Water Discharge Timur* sebesar  $13.53 \pm 11.5$  % dan lokasi *Water Discharge Barat* sebesar  $40.49 \pm 2.12$  % sekaligus menjadi lokasi dengan nilai prevalensi tertinggi.
2. Pengujian menggunakan One Way ANOVA ( $p = 0.05$ ) menunjukkan terdapat perbedaan prevalensi yang signifikan di ketiga lokasi pengamatan.
3. Terdapat 3 jenis penyakit *White Syndrome* yang ditemukan di perairan PLTU Paiton adalah *Ulcerative White Spot* (UWS), *White Syndrome* (WSyn) dan *White Plague* (WP). Penyakit yang paling banyak ditemukan pada masing-masing lokasi pengamatan adalah UWS yang umumnya menginfeksi karang *Porites* (famili Poritidae).